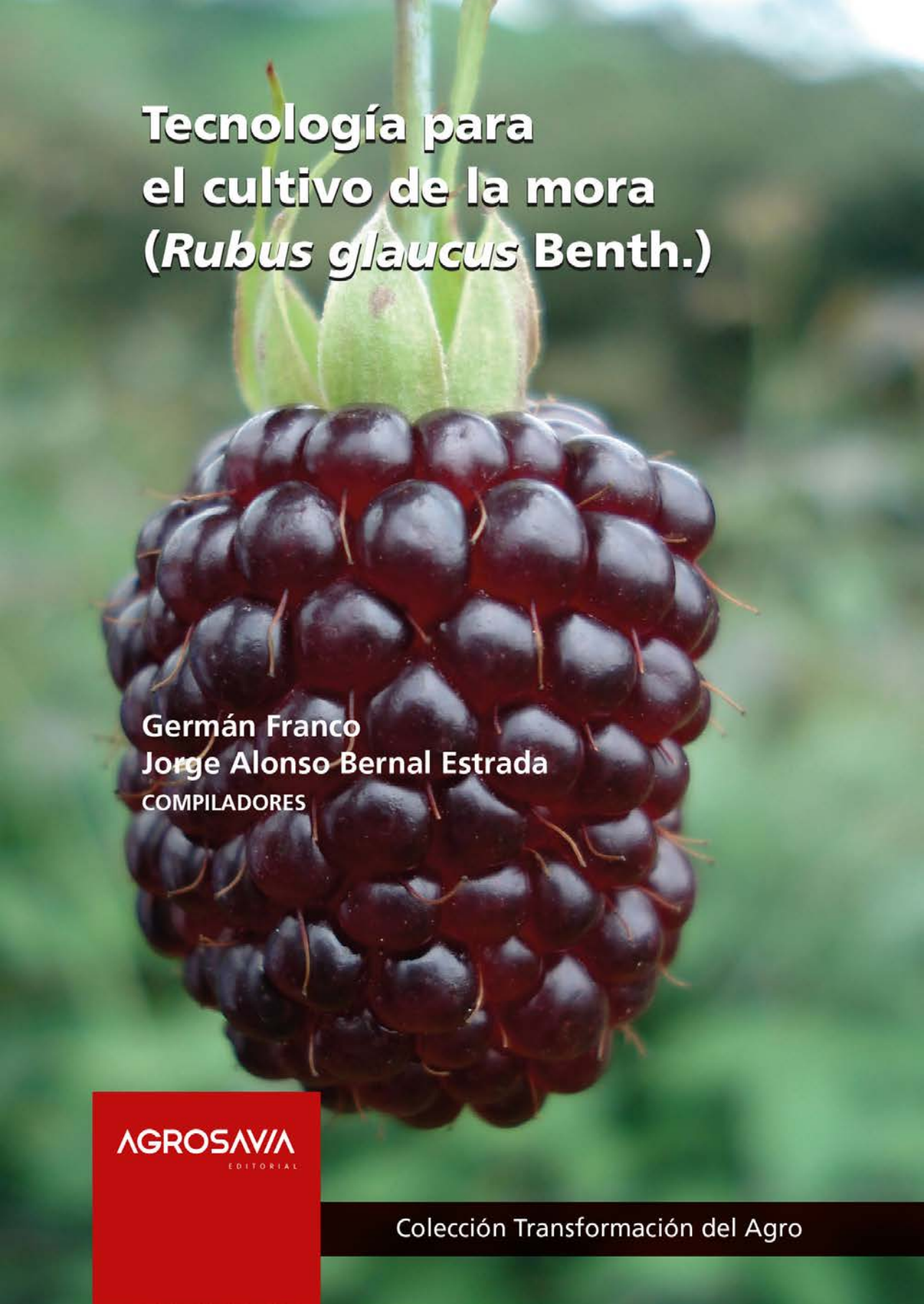




Tecnología para el cultivo de la mora (*Rubus glaucus* Benth.)

**Germán Franco
Jorge Alonso Bernal Estrada**
COMPILADORES

AGROSAVIA
EDITORIAL

Colección Transformación del Agro

Tecnología para el cultivo de la mora (*Rubus glaucus* Benth.)

Germán Franco
Jorge Alonso Bernal Estrada
Cipriano Arturo Díaz Díez
Álvaro Tamayo Vélez
Pablo Julián Tamayo Molano
Carlos Eduardo Orrego
Natalia Salgado Aristizábal
Lady Joana Rodríguez
Yeimy Alejandra Rodríguez
John Díaz-Montaño
María Cristina García Muñoz

Germán Andrés Aguilera Arango
Jorge Humberto Argüelles Cárdenas
Alegría Saldarriaga Cardona
Luz Adriana Vásquez Gallo
Ana Elizabeth Díaz-Montilla
Juan Camilo Henao Rojas
Mónica Betancourt Vásquez
Erika Patricia Martínez Lemus
Yimmy Alexander Zapata Narváez
Camilo Rubén Beltrán Acosta
Germán Alonso Antía Londoño
Alba Marina Cotes Prada

Germán Franco
Jorge Alonso Bernal Estrada
COMPILADORES

Mosquera, Colombia, 2020

AGROSAVIA
EDITORIAL

Colección Transformación del Agro

Tecnología para el cultivo de la mora (*Rubus glaucus* Benth.) / Germán Franco
[y otros veintidós] -- Mosquera, (Colombia) : AGROSAVIA, 2020.

384 páginas (Colección Transformación del Agro)

Incluye referencias bibliográficas, tablas y fotos

ISBN obra digital: 978-958-740-325-1

1. Mora 2. Propagación de plantas 3. Medidas fitosanitarias 4. Fitomejoramiento
5. Nutrición de las plantas 6. Manejo del cultivo.

Palabras clave normalizadas según Tesauro Multilingüe de Agricultura Agrovoc

Catalogación en la publicación – Biblioteca Agropecuaria de Colombia

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria

AGROSAVIA

Centro de Investigación La Selva

Kilómetro 7, vía Rionegro-Las Palmas, sector Llanogrande.
Rionegro, Antioquia. Código postal 054040, Colombia

Este libro se basa en los resultados del proyecto “Modelo de plataforma de aprovechamiento integral, adición de valor y competitividad de frutales comerciales andinos”, financiado por el Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria (Fontagro), liderado por la Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales, en coejecución con la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) y con el aporte de resultados obtenidos por la Corporación y diferentes investigaciones de profesionales de reconocimiento nacional e internacional pertenecientes a otras entidades.

Primera edición: 2.000 ejemplares

Impreso en Bogotá, Colombia, marzo de 2020

Printed in Bogota, Colombia

Preparación editorial

Editorial AGROSAVIA

editorial@agrosavia.co

Edición: Liliana Gaona García

y Jorge Enrique Beltrán Vargas

Corrección de estilo: Paola González Osorio

Diagramación: María Paula Berón Ramírez

Ilustraciones: Juan Felipe Martínez Tirado

Citación sugerida: Franco, G., & Bernal, J. A. (Comps.). (2020). *Tecnología para el cultivo de la mora (Rubus glaucus Benth.)*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria AGROSAVIA. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7403251>

Cláusula de responsabilidad: AGROSAVIA no es responsable de las opiniones y de la información recogidas en el presente texto. Los autores asumen de manera exclusiva y plena toda responsabilidad sobre su contenido, ya sea este propio o de terceros, declarando en este último supuesto que cuentan con la debida autorización de terceros para su publicación. Igualmente, expresan que no existe conflicto de interés alguno en relación con los resultados de la investigación propiedad de tales terceros. En consecuencia, los autores serán responsables civil, administrativa o penalmente, frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros, relativa a los derechos de autor u otros derechos que se vulneren como resultado de su contribución.

DOI: <https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7403251>

Línea de atención al cliente: 018000121515

atencionalcliente@agrosavia.co

www.agrosavia.co



https://co.creativecommons.org/?page_id=13

Contenido

Presentación	27
--------------	----

Capítulo I

Características socioeconómicas de los productores	31
<i>Germán Franco, Luz Adriana Vásquez Gallo, Jorge Humberto Argüelles Cárdenas, Alegría Saldarriaga Cardona, Jorge Alonso Bernal Estrada, Germán Alonso Antía Londoño</i>	
Referencias	36

Capítulo II

Generalidades	39
<i>Jorge Alonso Bernal Estrada, Cipriano Arturo Díaz Díez , Germán Franco</i>	
Origen y distribución	41
Distribución en Colombia	44
Taxonomía	46
Morfología	47
Raíz	47
Tallos	49
Hojas	49
Inflorescencias	50
Flores	52
Fruto	53
Semillas	54
Género <i>Rubus</i>	55
Especies de <i>Rubus</i> en Colombia	55
Descripción de algunos materiales de mora comúnmente sembrados en Colombia	63
Condiciones climáticas y de suelos	70
Radiación solar	71
Altitud	71
Temperatura	72

Humedad relativa	72
Precipitación	72
Riego	73
Viento	74
Granizo	75
Zonas de vida	76
Requerimientos edáficos	76
Sistemas de propagación	76
Selección de las plantas madres para la propagación	77
Propagación sexual	77
Propagación asexual o vegetativa	88
Fisiología de la planta	100
Fases fenológicas	100
Fase vegetativa	101
Fase reproductiva	102
Fase productiva	102
Biología reproductiva	102
Fructificación	104
Establecimiento del cultivo	105
Selección del lote	105
Preparación del terreno	106
Trazado	107
Densidad de siembra	107
Distribución espacial	108
Ahoyado	109
Análisis de suelos	111
Trasplante al campo	111
Uso de las micorrizas en el cultivo	112
Fertilización	113
Podas	115
Manejo de arvenses	121
Plateo	123
Aporque	124

Tutorado	125
Chiquero	127
Sistemas de espaldera	128
Cosecha	133
Referencias	136

Capítulo III

Nutrición y fertilización	147
<i>Álvaro de Jesús Tamayo Vélez</i>	
Funciones que cumplen los elementos nutritivos en el metabolismo de las plantas	149
Nitrógeno (N)	149
Fósforo (P)	149
Potasio (K)	150
Calcio (Ca)	150
Magnesio (Mg)	151
Azufre (S)	151
Funciones de los micronutrientes	151
Hierro (Fe)	151
Manganeso (Mn)	152
Cobre (Cu)	152
Zinc (Zn)	152
Molibdeno (Mo)	153
Boro (B)	153
Cloro (Cl)	154
Síntomas de deficiencias	154
Nitrógeno (N)	154
Fósforo (P)	155
Potasio (K)	156
Calcio (Ca)	156
Magnesio (Mg)	156
Boro (B)	157
Cobre (Cu)	157
Hierro (Fe)	158
Manganeso (Mn)	158

Molibdeno (Mo)	158
Zinc (Zn)	159
Nutrición en el cultivo	159
Toma de muestras del suelo	159
Fertilización química	162
Los fertilizantes biológicos	165
Referencias	166

Capítulo IV

Artrópodos plaga	171
<i>Ana Elizabeth Díaz-Montilla, Jorge Alonso Bernal Estrada, Germán Franco, John Díaz-Montaño</i>	
Insectos barrenadores	173
Barrenador del cuello, tallo y ramas de la mora	173
Barrenador del cuello	177
Insectos chupadores o succionadores de savia	180
Perla de tierra	180
Monalonion, coclillo o chupanga	186
Chinche patifoliado o patas de hoja, chinches chupadores de hojas y frutos, grajos	189
Pulgón del algodónero	191
Artrópodos raspadores-chupadores de tejidos	194
Araña roja común	194
Trips o bichos candela, trips occidental de las flores	198
Trips	200
Comedores de follaje	202
Vaquitas del follaje, picudos del follaje	202
Cucarroncitos perforadores de las hojas	204
Moscas de las frutas	206
Caracha o prodiplosis	209
Referencias	211

Capítulo V

Enfermedades asociadas	221
<i>Alegría Saldarriaga Cardona, Mónica Betancourt Vásquez, Pablo Julián Tamayo Molano, Erika Patricia Martínez Lemus, Yimmy Alexander Zapata Narváez, Camilo Rubén Beltrán Acosta, Alba Marina Cotes Prada</i>	
Enfermedades causadas por hongos	224
Antracnosis del fruto, muerte descendente, secadera, palo negro	224
Mildeo veloso, peronospora, tuza	228
Mildeo polvoso, cenicilla, oidio, crespeta	232
Moho gris, botrytis, pudrición del fruto	235
Roya, roya amarilla	239
Otras enfermedades causadas por hongos	240
Enfermedades causadas por bacterias	241
Agalla de la corona y del tallo, Agrobacterium	241
Mancha necrótica de las hojas de la mora, mancha foliar bacterial	243
Enfermedades causadas por nematodos	244
Daños y enfermedades de etiología desconocida	245
Apiñamientos de los frutos	245
Golpe de sol	245
Daños por granizo	245
Machorreo, escoba de bruja	245
Toxicidad por herbicidas	246
Alteraciones del color de las hojas	246
Quemazón de hojas	246
Tizón de inflorescencias	246
Referencias	248

Capítulo VI

Buenas prácticas agrícolas (BPA)	259
<i>Luz Adriana Vásquez Gallo</i>	
Factores relacionados con la implementación de un programa de BPA en fincas productoras de mora	262
Áreas e instalaciones	262
Protección de los operarios	272
Componentes ambientales	274
Material de propagación	278
Nutrición	279
Protección del cultivo	283
Cosecha y poscosecha	287
Soporte documental (registros, planes y procedimientos)	289
Planes y procedimientos	289
Trazabilidad	290
Consideraciones finales	290
Referencias	292

Capítulo VII

Cosecha y manejo poscosecha	297
<i>Germán Franco, María Cristina García, Germán Alonso Antía Londoño, Juan Camilo Henao Rojas</i>	
Aspectos básicos de la fisiología en la poscosecha	298
Factores precosecha que inciden en la cosecha	301
Cosecha	303
Estado de madurez óptimo para la recolección	305
Manejo en poscosecha	310
Acondicionamiento	310
Acopio	311
Transporte	312
Empaque	313
Almacenamiento	314
Enfermedades en poscosecha	317
Composición nutricional y funcional de la mora	321
Referencias	325

Capítulo VIII

Agroindustria	337
<i>Carlos Eduardo Orrego, Yeimy Alejandra Rodríguez, Lady Joana Rodríguez, Natalia Salgado Aristizábal</i>	
Distribución y transformación	338
Fruta y pulpa congeladas	341
Pulpa de fruta	342
Procesamiento de jugos	343
Proceso de extracción	344
Clarificación	345
Concentración	345
Pasteurización y procesos no térmicos	345
Envasado	346
Mermeladas y conservas	346
Ingredientes	346
Proceso de elaboración	346
Secado de frutas	347
Nuevas tecnologías de procesamiento	349
Aprovechamiento de residuos	352
Referencias	352

Capítulo IX

Registros y costos de producción	357
<i>Germán Franco, Jorge Alonso Bernal Estrada, Germán Andrés Aguilera Arango</i>	
Referencias	363
Recomendaciones	365
Los autores	369



Lista de figuras

Figura 2.1	Tendencia del área y la producción de mora sembrada en Colombia de 2000 a 2015	46
Figura 2.2	Aspecto de las plantas de mora	48
Figura 2.3	Raíces de una planta de mora	48
Figura 2.4	Tallos de mora	49
Figura 2.5	Detalle de hojas de mora de Castilla (haz y envés)	50
Figura 2.6	Inflorescencias en plantas de mora de Castilla	51
Figura 2.7	Inflorescencia axilar en un nudo de la planta de mora	51
Figura 2.8	Detalle de la flor de mora	53
Figura 2.9	Fruto de mora	54
Figura 2.10	Detalle de las semillas de mora (reniformes y rugosas), con un aumento de 10×.	55
Figura 2.11	<i>Rubus bogotensis</i> H.B.K.	56
Figura 2.12	Frutos de <i>Rubus macrocarpus</i> Benth.	57
Figura 2.13	Frutos de <i>Rubus roseus</i> Poir.	58
Figura 2.14	Frutos de <i>R. urticaefolius</i> Poir.	59
Figura 2.15	Frutos de <i>R. floribundus</i> H.B.K.	60
Figura 2.16	Hojas e inflorescencias de <i>R. adenotrichus</i> Schelecht.	61
Figura 2.17	<i>R. megalococcus</i> Focke	62
Figura 2.18	<i>R. alpinus</i> Macfad	63
Figura 2.19	Racimo de mora pajarita	64
Figura 2.20	Planta de mora de Castilla Ranchona	65
Figura 2.21	Mora San Antonio	67
Figura 2.22	Fruto de mora San Antonio	67
Figura 2.23	Proliferación de ramas productivas en mora sin espinas	68

Figura 2.24	Vestigios de los agujiones en mora sin espinas	69
Figura 2.25	Frutos de mora sin espinas	70
Figura 2.26	Daño por granizo	75
Figura 2.27	Plantas de mora aptas para la obtención de semilla sexual	79
Figura 2.28	Macerado de la fruta para la obtención de semillas de mora	80
Figura 2.29	Crecimiento blanquecino que indica la presencia del hongo <i>Saccharomyces</i> , responsable de la fermentación	80
Figura 2.30	Pasos posteriores a la fermentación	81
Figura 2.31	Aspecto de un sustrato para la siembra de semilla de mora	82
Figura 2.32	Desinfección física del suelo mediante solarización	82
Figura 2.33	Altura de la cama para la solarización	83
Figura 2.34	Germinadores para la siembra de semilla de mora	84
Figura 2.35	Semilleros construidos en el suelo para la siembra de semilla de mora	84
Figura 2.36	Semillero con un sustrato suelto apto para siembra de semillas de mora	85
Figura 2.37	Extracción de plántulas del semillero para su posterior trasplante a bolsas de almácigo	86
Figura 2.38	Plántula de mora en bolsa de almácigo	87
Figura 2.39	Vivero o almácigo para la mora propagada por semilla	87
Figura 2.40	Ramas látigo de plantas de mora	89
Figura 2.41	Rama macho en planta de mora	90
Figura 2.42	Poda de rama macho	90
Figura 2.43	Ramas productivas o hembras	91
Figura 2.44	Parte terminal de una rama macho productiva, apta para realizar el acodo de punta	92
Figura 2.45	Acodos de punta realizados con ramas macho productivas en un cultivo de mora	93

Figura 2.46	Plantas de mora obtenidas por acodo de punta, 30 días después de realizado	94
Figura 2.47	Estacas sanas de mora aptas para propagación vegetativa	95
Figura 2.48	Estacas de mora antes del proceso de “curado” para estimular su brotación	96
Figura 2.49	Estaca modificada brotada, con buen equilibrio entre follaje y raíces	96
Figura 2.50	Estacas en el campo	98
Figura 2.51	Plantas de mora en propagación vegetativa mediante el cultivo de tejidos <i>in vitro</i> .	99
Figura 2.52	Insectos de la familia Hymenoptera (abejas), polinizadores de las flores de mora	103
Figura 2.53	Labranza reducida para el establecimiento de un cultivo de mora	107
Figura 2.54	Trazado en curvas a nivel en zonas de ladera, para el establecimiento de un cultivo de mora	109
Figura 2.55	Hoyo de 40 × 40 × 40 cm para la siembra de mora	110
Figura 2.56	Incorporación de correctivos en el hoyo para la siembra de mora	110
Figura 2.57	Plantas de mora recién sembradas	111
Figura 2.58	Fertilización de plantas de mora	114
Figura 2.59	Poda de formación	116
Figura 2.60	Poda de mantenimiento y fitosanitaria	118
Figura 2.61	Poda basal de ramas que ya produjeron	118
Figura 2.62	Poda basal	119
Figura 2.63	Poda de mantenimiento y fitosanitaria	119
Figura 2.64	Poda de renovación en plantaciones de mora	120
Figura 2.65	Uso del selector para el manejo de arvenses en el cultivo	122
Figura 2.66	Cultivo de mora intercalado con fríjol arbustivo para el manejo de arvenses en etapas iniciales	123
Figura 2.67	Plateo	124

Figura 2.68	Uso de coberturas en las calles del cultivo	124
Figura 2.69	Aporque de una planta de mora	125
Figura 2.70	Tutorado en chiquero	127
Figura 2.71	Diagrama de una espaldera sencilla	128
Figura 2.72	Diagrama de una espaldera compuesta	129
Figura 2.73	Sistema de tutorado tradicional, aún utilizado en cultivos poco tecnificados	130
Figura 2.74	Sistema de tutorado en espaldera doble o de cama	130
Figura 2.75	Espaldera compuesta en T	132
Figura 2.76	Sistema de tutorado compuesto en doble T	132
Figura 2.77	Producción de mora en el Eje Cafetero colombiano, en función de la precipitación, durante ocho años de evaluación (1996-2003)	134
Figura 3.1	Perfil de un suelo característico de la zona andina colombiana donde se cultiva mora	148
Figura 3.2	Síntomas de deficiencia de nitrógeno en mora	155
Figura 3.3	Síntomas de deficiencia de fósforo en hojas de mora	155
Figura 3.4	Síntomas de deficiencia de potasio en hojas de mora	156
Figura 3.5	Síntomas de deficiencia de magnesio en hojas de mora	157
Figura 3.6	Síntomas de deficiencia de hierro en hojas de mora	158
Figura 3.7	Esquema de muestreo para el análisis de suelo en un cultivo de mora	160
Figura 3.8	Zona de muestreo	161
Figura 3.9	Zona de aplicación del fertilizante en mora	161
Figura 4.1	Adulto del barrenador del cuello, tallo y ramas de la mora (<i>Hepialus</i> sp.)	174
Figura 4.2	Daños causados por la larva de <i>Hepialus</i> sp.	176
Figura 4.3	Larva de <i>Zascelis</i> sp.	177
Figura 4.4	Adulto de <i>Zascelis</i> sp.	178

Figura 4.5	Galería del barrenador (<i>Zascelis</i> sp.) en el cuello de la raíz	178
Figura 4.6	Bolas de naftalina en bolsas de malla, para repeler el ataque del picudo barrenador del cuello de la raíz de la mora	179
Figura 4.7	Estados inmaduros de <i>Eurhizococcus colombianus</i> Jakubski (Hemiptera: Margarodidae)	181
Figura 4.8	Síntoma de amarillamiento en una planta de mora atribuido al ataque de perla de tierra.	184
Figura 4.9	<i>Monalonion velezangeli</i> Carvalho & Costa (Hemiptera: Miridae)	188
Figura 4.10	Chinches que atacan frutos de mora	190
Figura 4.11	<i>Aphis gossypii</i> Glover (Hemiptera: Aphididae)	192
Figura 4.12	Recipientes plásticos de color amarillo con agua jabonosa para la captura de áfidos en cultivos de mora	193
Figura 4.13	<i>Tetranychus urticae</i> (Koch) (Acari: Tetranychidae)	194
Figura 4.14	Síntomas iniciales de clorosis en plantas de mora atacadas por la araña roja, <i>Tetranychus urticae</i> (Koch) (Acari: Tetranychidae)	196
Figura 4.15	Método de impresión para cuantificar el número de ácaros/hoja	197
Figura 4.16	Thrips	198
Figura 4.17	Picudos plaga en mora	203
Figura 4.18	Escarabajos de la familia Chrysomelidae	204
Figura 4.19	Daño causado por los cucarroncitos perforadores de hojas en mora	205
Figura 4.20	Mosca de la fruta en mora (<i>Anastrepha fraterculus</i> (Wiedemann)) (Diptera: Tephritidae).	206
Figura 4.21	Daño en frutos de mora ocasionado por la larva de la mosca de las frutas	207
Figura 4.22	Trampa McPhail para el muestreo de adultos de moscas de la fruta	208

Figura 4.23	Cebo para el control de adultos de la mosca de la fruta	209
Figura 5.1	Síntomas de antracnosis en diferentes órganos de la planta de mora	226
Figura 5.2	Síntomas de mildew veloso en diferentes órganos de la planta de mora	230
Figura 5.3	Síntomas de mildew polvoso en diferentes órganos de la planta de mora	233
Figura 5.4	Síntomas de moho gris en diferentes órganos de la planta de mora	237
Figura 5.5	Síntomas y signos de roya en diferentes órganos de la planta de mora	240
Figura 5.6	Síntomas de agalla de la corona en plantas de mora	242
Figura 5.7	Síntomas de mancha necrótica de las hojas	244
Figura 5.8	Síntomas de daños y enfermedades de etiología desconocida	247
Figura 6.1	Esquema de los pilares centrales de las buenas prácticas agrícolas (BPA)	260
Figura 6.2	Mapa de la finca elaborado por un productor	261
Figura 6.3	Unidades sanitarias y de aseo	262
Figura 6.4	Área de almacenamiento de insumos agrícolas	263
Figura 6.5	Tablero con información general	264
Figura 6.6	Forma correcta de almacenar los fertilizantes sobre estibas	265
Figura 6.7	Áreas de almacenamiento	266
Figura 6.8	Recipientes para lavado y desinfección de elementos de trabajo	266
Figura 6.9	Diferentes tipos de áreas para la preparación de las mezcla	268
Figura 6.10	Zona de barbecho	268
Figura 6.11	Ejemplos de áreas de acopio	269
Figura 6.12	Instalaciones para el bienestar de los trabajadores	270

Figura 6.13	Recipientes para depositar residuos, debidamente marcados, tapados y protegidos de la lluvia	270
Figura 6.14	Elementos de protección	271
Figura 6.15	Sitios con letreros de señalización exigidos en las BPA	271
Figura 6.16	Diferentes fuentes de agua superficial para uso en cultivos	275
Figura 6.17	Toma de muestras de agua para análisis de calidad	276
Figura 6.18	Sistema de siembra en curvas a nivel, recomendado para proteger el suelo	277
Figura 6.19	Sistema de siembra a favor de la pendiente, no recomendado	277
Figura 6.20	Protección del suelo con diferentes tipos de cobertura	277
Figura 6.21	Material de siembra producido en finca	278
Figura 6.22	Material de siembra producido en vivero especializado	278
Figura 6.23	Materiales empleados en la elaboración del compost	282
Figura 6.24	Material compostado listo para su empaque o uso en la finca	282
Figura 6.25	Observación de problemas fitosanitarios	285
Figura 6.26	Desinfección del calzado a la entrada de los lotes	286
Figura 6.27	Recipiente plástico utilizado para la cosecha de mora	287
Figura 6.28	Tratamiento inadecuado de la fruta en poscosecha	288
Figura 6.29	Canastilla recubierta con bolsa plástica para proteger la mora de contaminación y evitar derrames	288
Figura 7.1	Distancia de siembra amplia para facilitar las labores culturales y la cosecha y para favorecer la homogeneidad y calidad de la mora	302
Figura 7.2	Descripción del color de frutos de mora según su estado de maduración	306
Figura 7.3	Recipiente de poca profundidad para recolección de mora con destino al mercado en fresco	306
Figura 7.4	Empaques dosificados para comercialización	307
Figura 7.5	Recipientes cafeteros para la cosecha de mora	308

Figura 7.6	Canecas plásticas con cierre hermético de 25-30 kg de capacidad, para la comercialización de la mora a nivel industrial	308
Figura 7.7	Sistema de transporte en campo para recolección de la fruta	311
Figura 7.8	Furgón con refrigeración para el transporte de mora	313
Figura 7.9	Camión con carpa de color claro	313
Figura 7.10	Moho gris causado por <i>Botrytis cinerea</i> en frutos de mora	318
Figura 7.11	<i>Candida</i> sp. Lesiones blandas y húmedas con desarrollo de micelio grisáceo	318
Figura 7.12	Síntomas en fruto de mora causados por pudrición amarga (<i>Geotrichum</i> sp.)	319
Figura 7.13	Pudrición blanda causada por <i>Rhizopus</i> sp. Lesión en mora que muestra esporangios de color gris claro	319
Figura 7.14	Moho verde causado por <i>Penicillium</i> sp. y fruto de mora que muestra esporulación de color verde	320
Figura 7.15	Moho rosado causado por <i>Fusarium</i> sp. y frutos con crecimiento de color blanco que luego se torna rosado	320
Figura 8.1	Modelo de comercialización de la mora	340
Figura 8.2	Procesos de transformación de la mora	340
Figura 8.3	Pulpa de mora empacada y productos comercializados en mercados locales	342
Figura 8.4	Proceso de elaboración de pulpa congelada de mora	342
Figura 8.5	Esquema general para la elaboración de jugo de frutas	343
Figura 8.6	Despulpadora industrial de fruta	344
Figura 8.7	Operaciones de secado de la mora	348
Figura 8.8	Diagrama de flujo de procesos para la producción de barras de fruta de mora	350
Figura 8.9	Proceso de encapsulación para la producción de ingredientes nutraceuticos de mora, a través de liofilización o secado por aspersión	351





Lista de tablas

Tabla 1.1	Características socioeconómicas de productores de mora del Eje Cafetero	33
Tabla 2.1	Área, producción y rendimiento de mora en Colombia, por departamento en 2015	45
Tabla 2.2	Estados fenológicos de la mora de Castilla	101
Tabla 2.3	Distancias de siembra más utilizadas en el cultivo de la mora de Castilla	108
Tabla 2.4	Rendimientos mensuales en kilogramos por hectárea para tres sistemas de tutorado en mora (Riosucio, Caldas, 1996)	131
Tabla 2.5	Rendimientos en kilogramos/planta para tres sistemas de tutorado en mora durante 14 semanas de producción (Rionegro, Antioquia, 1995)	133
Tabla 2.6	Distribución de la oferta de mora en Colombia	135
Tabla 2.7	Épocas de oferta de mora en Colombia	135
Tabla 6.1	Formato para el inventario de plaguicidas o fertilizantes	265
Tabla 6.2	Formato para mantenimiento de equipos y herramientas	267
Tabla 6.3	Formato para el registro del plan de capacitación	273
Tabla 6.4	Formato para la producción de material vegetal en la finca	279
Tabla 6.5	Requerimientos para el establecimiento de un cultivo de mora	280
Tabla 6.6	Formato para el seguimiento de la preparación de compost	281
Tabla 6.7	Formato para el control en la aplicación de los fertilizantes en el cultivo	283
Tabla 6.8	Formato para el control de plaguicidas	286
Tabla 7.1	Estados fenológicos del desarrollo del fruto de mora	310

Tabla 7.2	Recomendaciones para almacenamiento refrigerado de mora	315
Tabla 7.3	Composición de la mora	321
Tabla 7.4	Características químicas en frutos de mora para diferentes grados de madurez	322
Tabla 8.1	Cambios fisicoquímicos estimados para la mora ($5 \pm 1^{\circ}\text{C}$)	339
Tabla 8.2	Características de la pulpa de mora	343
Tabla 8.3	Empresas deshidratadoras de mora en Colombia	349
Tabla 8.4	Subproductos de la mora a partir de los residuos	352
Tabla 9.1	Registro de jornales para un cultivo de mora	358
Tabla 9.2	Registro de compra de insumos para un cultivo de mora	358
Tabla 9.3	Registro de producción y ventas para un cultivo de mora	359
Tabla 9.4	Modelo para el cálculo de los costos de producción de un cultivo de mora, para los dos primeros años	360
Tabla 9.5	Modelo para el cálculo de los costos de producción para una hectárea de mora (insumos)	361
Tabla 9.6	Modelo para el cálculo de los costos de producción para una hectárea de mora (herramientas, materiales y equipos)	361
Tabla 9.7	Modelo para el cálculo de los costos de producción para una hectárea de mora (rendimiento y ventas)	363





Presentación

Hoy día es evidente que el sector agropecuario enfrenta grandes retos, entre ellos, mantener la productividad de forma sostenible y generar productos inocuos, de calidad y con valor agregado, cuyos beneficios económicos y sociales se distribuyan de manera equitativa a lo largo de la cadena productiva. Todo esto, en el ambiente de volatilidad propio de los precios, que obliga a enfrentar los ciclos bajos y aprovechar los altos y, de esa manera, lograr estabilizar el ingreso. Por lo tanto, es necesario actuar con estrategias novedosas, para evitarle a los productos agropecuarios el destino indeseado de la “comoditización”, esto es, el carácter de producto primario sin valor diferente al de su naturaleza genérica, fortaleciendo un portafolio amplio de posibilidades, tanto en la producción como en la comercialización.

El caso de la mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth.) es un ejemplo de esta situación. En Colombia, la mora es la fruta más utilizada como materia prima por la agroindustria para la producción de refrescos, una categoría de alimentos caracterizada por el aumento en la conciencia de los consumidores acerca de los efectos benéficos de la dieta en la prevención de enfermedades. Esto ha conducido a los investigadores a buscar alternativas para incorporar en la ingesta diaria algunos componentes que puedan beneficiar la salud, sin perder las experiencias sensoriales asociadas a las frutas, en especial, a aquellas relacionadas con el sabor y aroma, además de brindar propiedades nutracéuticas por su contenido de sustancias bioactivas (antioxidantes). Esto ofrece grandes posibilidades para explorar mercados que tienen demanda de productos, bien sea frescos o procesados.

Sin embargo, por mucho tiempo, los productores de mora han enfrentado diversos problemas en la producción, especialmente de tipo fitosanitario, lo que ha generado la disminución de algunas áreas de siembra, por no disponer de la tecnología adecuada para afrontar esta problemática.

El presente documento tiene como propósito proporcionar herramientas, especialmente a agricultores y técnicos, para el mejoramiento de las condiciones del cultivo de la mora, en las zonas productoras de Colombia.

Este libro se basa en los resultados del proyecto “Modelo de plataforma de aprovechamiento integral, adición de valor y competitividad de frutales comerciales andinos”, financiado por el Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria (Fontagro) y ejecutado por un equipo multidisciplinario, conformado por la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales, la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), Agricultural Knowledge & Innovation Services (AKIS-España), Frugy de Colombia y el Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentarias (IRTA) en Cataluña, España. El proyecto, además, contó con la colaboración del SENA Regional Caldas, Alpina Productos Alimenticios S. A. y FLP Colombia, sede Chinchiná. Imposible dejar de lado, finalmente, el aporte de resultados obtenidos por AGROSAVIA y por diferentes investigaciones de profesionales de reconocimiento nacional e internacional pertenecientes a otras entidades, gracias a cuyo apoyo este libro ganó en profundidad.

La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), en el cumplimiento de su misión de contribuir al cambio técnico del sector agropecuario, entrega esta obra titulada *Tecnología para el cultivo de la mora (Rubus glaucus Benth.)*, que abarca, entre otros temas, las generalidades del cultivo (origen, dispersión, domesticación, taxonomía, variedades, condiciones climáticas, propagación, nutrición, plagas, enfermedades, etc.), cosecha, manejo de poscosecha, agroindustria, características socioeconómicas, registros y costos de producción.

Julián Londoño Londoño

Director del Centro de Investigación La Selva

AGROSAVIA, octubre 2016 a julio de 2018

(Rionegro, Antioquia, Colombia)





Capítulo I

Características socioeconómicas de los productores

Germán Franco

Luz Adriana Vásquez Gallo

Jorge Humberto Argüelles Cárdenas

Alegría Saldarriaga Cardona

Jorge Alonso Bernal Estrada

Germán Alonso Antía Londoño

El cultivo de mora en Colombia es un generador de ingresos y de empleo para los pequeños y medianos productores, y una alternativa agroindustrial para algunas zonas del país. Su porcentaje en la producción nacional es del 5,8% (Red de Información y Comunicación del Sector Agropecuario Colombiano [Agronet], s. f.; Zapata et al., 2013), y constituye la principal fuente de ingresos económicos para alrededor de 6.000 familias campesinas, concentradas en su mayoría en los departamentos de Cundinamarca, Santander, Valle del Cauca, Antioquia, Huila, Caldas, Quindío y Risaralda, zonas en las que la mora es considerada como uno de los frutales con mayor potencial de desarrollo (Marulanda et al., 2011).

En cuanto a la demanda de fruta para la industria, se reporta un crecimiento anual del 10 % del consumo de mora procesada en Colombia en los últimos 15 años; actualmente este mercado consume 3.600 t/año de mora (Marulanda et al., 2011).

La identificación de los sistemas de producción en una zona geográfica, con un territorio en el cual se articulan relaciones entre los diferentes agentes socioeconómicos, la actividad productiva agropecuaria, el medio ambiente, el resto de la sociedad y las cadenas productivas, fortalecen la importancia de la agricultura en el contexto nacional. La visión del sistema de producción, como un espacio visto desde lo rural y lo subregional, facilita las acciones necesarias para la construcción colectiva de nuevos modelos de desarrollo agrícolas e industriales (Ríos et al., 2002).

La caracterización, tipificación y análisis de las zonas productoras y los sistemas de producción de mora inmersos en ellas, contribuyen para cuantificar los componentes que las integran y de esta manera comprender las relaciones que definen su funcionamiento. Esta información es un insumo importante para que los tomadores de decisiones puedan planificar, ejecutar y realizar seguimiento a proyectos de generación de tecnología, transferencia, capacitación, asistencia técnica especializada y producción agroindustrial del cultivo de la mora. Es una herramienta útil también para que entidades del orden nacional, regional y local la incluyan en sus planes de desarrollo agropecuario y complementen sus planes de reordenamiento territorial (Ríos et al., 2002).

En ejercicios previos Ríos et al. (2002) y Pérez et al. (2004), en la zona cafetera, caracterizaron e identificaron seis sistemas de producción. Por su parte, Franco et al. (2017), en una caracterización y tipificación de productores de mora en la misma zona, con perfil de comercio para la agroindustria, encontraron cuatro sistemas de producción con diferencias notables a lo encontrado por Ríos, Franco, Muñoz y Rodríguez (2000) y Pérez et al. (2004), algunas de las cuales se resumen en la tabla 1.1.

Tabla 1.1. Características socioeconómicas de productores de mora del Eje Cafetero

Variable	Ríos et al. (2000)	Pérez et al. (2004)	Franco et al. (2017)
Educación	74 % primaria incompleta	ND	75 % diferentes grados de primaria 6 % bachillerato 19 % profesionales
Tipología del productor	100 % economía campesina	92 % economía campesina 8 % empresarios	50 % economía campesina 50 % empresarios
Tenencia de la tierra	75 % propietarios	85 % propietarios	81 % propietarios
Mano de obra	89 % familiar 11 % contratada	43 % familiar 14 % contratada 40 % otras formas	44 % familiar 38 % contratada 18 % otras formas
Asociatividad	40 %	78 %	94 %
Asistencia técnica	60 % reciben	79 %	75 %
Registros	No llevan	ND	94 % llevan
Uso de internet para mora	No llevan	No llevan	38 % lo emplean
Preparación del suelo	80 % manual 20 % manual más herbicida	ND	75 % manual 25 % manual más herbicida
Análisis de suelo	No realizan	ND	75 % realizan
Trazado	Curvas a través de la pendiente	ND	Curvas a través de la pendiente
Densidad de población	3.333 plantas/ha	ND	1.100 a 2.000 plantas/ha
Propagación	100 % estaca y acodo	ND	94 % acodo
Control de arvenses	74 % manual 26 % químico	ND	69 % desyerba mecánica (guadaña)
Tutorado y amarre	91 % espaldera sencilla	ND	81 % espaldera doble
Poda	Desde una al mes a una semestral	ND	Mensual
Fertilización	Cada seis meses	ND	Cada 30 a 45 días

(Continúa)

(Continuación tabla 1.1.)

Variable	Ríos et al. (2000)	Pérez et al. (2004)	Franco et al. (2017)
Enfermedades	No monitorean, confunden productos agroquímicos, utilizan ocho moléculas fungicidas, dos insecticidas, dos productos veterinarios, un fertilizante	ND	94 % monitorean. Utilizan 19 moléculas fungicidas, un control biológico
Plagas	No monitorean, confunden productos agroquímicos, utilizan cinco moléculas insecticidas, dos desinfectantes, un fertilizante, un jabón, un producto veterinario	ND	94 % monitorean. Utilizan once moléculas insecticidas, un biológico, dos extractos de plantas

Fuente: Elaboración propia

Vásquez, Bernal, Franco, Saldarriaga y Antía (2016) encontraron, entre otros aspectos interesantes de los cultivadores de mora que no se observaban anteriormente y que por lo tanto no fueron reseñados por Ríos et al. (2002), lo siguiente: el empaque de la fruta para la comercialización se hace en canastillas y canecas usadas pero limpias, se tienen contratos de venta con comercializadoras, la disponibilidad del transporte es buena y los vehículos son limpios, y algunas cooperativas cuentan con transporte refrigerado.

Los mismos autores reseñan que los productores han recibido capacitación idónea en Buenas Prácticas Agrícolas (BPA); además, el concepto de las BPA y de la inocuidad es conocido por el 95 % de los productores, el 94 % de ellos llevan registros y el 75 % reciben asistencia técnica. Algunos de estos agricultores están certificados y otros se encuentran en dicho proceso.

Con relación al manejo de áreas e instalaciones y de agroquímicos: el 81 % de los fruticultores tienen un lugar para almacenar los insumos y el 50 % de ellos los separa según su modo de acción; todos tienen lugar especial para guardar las herramientas, aunque un 19 % no las lavan después de su uso; el 100 % de los cultivadores conocen las categorías de los plaguicidas y su periodo de carencia, y el 69 % lo aplican. Lo anterior se refuerza con el hecho de que aproximadamente un 88 % dispone de un lugar para la preparación de los plaguicidas y el 100 % se protegen para aplicarlos;

además, al 75 % del personal de las fincas le han practicado examen de colinesterasa con resultados satisfactorios. Posterior a las aplicaciones de agroquímicos, más del 94 % lava las fumigadoras y hacen un adecuado manejo de los residuos líquidos y sólidos, mediante el triple lavado de los envases, que posteriormente se entregan a la entidad encargada de la disposición final. El buen uso de los agroquímicos se ve reflejado en el bajo porcentaje (13 %) de casos de intoxicación (Franco et al., 2017).

Aproximadamente el 85 % de las fincas muestreadas dispone de baños, lavamanos, jabón y toallas para el personal, lo que contribuye a la disminución de la contaminación originada por los trabajadores de campo. Así mismo, todas las instalaciones cuentan con un área dispuesta para el consumo de alimentos (Franco et al., 2017).

En cuanto a temas ambientales, el 31 % de los productores han monitoreado la calidad microbiológica del agua utilizada en sus predios, con fines de protección de las cuencas hidrográficas; algunos de ellos se surten del acueducto de la vereda (Franco et al., 2017).

No obstante, se observan algunos hechos que se deben mejorar como el que se refiere al alto porcentaje (50 %) de los fruticultores que permiten el ingreso de animales domésticos a sus predios; de la misma forma, se registra la falta de mecanismos de desinfección del calzado al momento de ingresar a las áreas de cultivo, ya que el 63 % no realiza esta práctica, lo que puede ocasionar contaminaciones de tipo biológico, físico y químico, así como el ingreso de enfermedades y plagas que afectan los cultivos (Franco et al., 2017).

Debilidades encontradas en trabajos anteriores, como el uso indiscriminado de pesticidas (Ríos et al. 2000), han evolucionado positivamente, debido a la implementación de esquemas de producción con BPA, por requerimientos de los compradores y la oferta tecnológica generada por las diferentes instituciones.

La zona geográfica estudiada tiene como fortaleza en infraestructura el hecho de estar ubicada en cercanías de la troncal de occidente (Autopistas de la Prosperidad), lo cual facilita el transporte a los centros de procesamiento ubicados en Antioquia, Caldas, Quindío y Valle.

Por lo que corresponde al sistema de producción se observa un cambio. El cultivo de mora ha pasado de ser netamente parte de la economía campesina o de pancoger a un sistema más tecnificado con visión empresarial. Hoy en día se cuenta con la participación de productores jóvenes que garantizan el relevo generacional, existe mayor inversión y

se ofrece un producto de mejor calidad, ya sea para ser comercializado en fresco o para procesadores industriales, en mercados locales o a nivel nacional.

Los procesos de capacitación, impartidos a los productores por las entidades del sector, han logrado que el agricultor se apropie de tecnología útil para la producción rentable de su cultivo. Esta información les ha permitido alcanzar producciones que en algunos casos cuadruplican el promedio nacional (8,4 t/ha). Los productores han aplicado y modificado la tecnología que han recibido, además, por intercambio de experiencias entre ellos, la adecúan según sus particularidades; en este sentido, la intensidad y frecuencia en la fertilización podría explicar las producciones superiores al promedio nacional. Se ha pasado de escasos programas de fertilización, basados solo en el nitrógeno aplicado cada seis meses (Ríos et al., 2002) a una fertilización intensiva, pero sin conocer los requerimientos nutricionales del cultivo.

La organización comunitaria es importante para asuntos como el acceso a recursos a través de proyectos de apoyo productivo, los cuales son formulados con el apoyo de los mismos productores, un hecho que no ocurría anteriormente. Con relación a la participación de la familia se observa la importancia del trabajo realizado por las mujeres en labores de cosecha y poscosecha, así como en el acondicionamiento del producto.

El conocimiento de la condición socioeconómica y tecnológica de los productores se debe tener en cuenta para trabajos de investigación en fincas de productores, en la transferencia y vinculación de ofertas tecnológicas, la capacitación de los agentes de la cadena y en el diseño de modelos de asistencia técnica para las diferentes tipologías de agricultores; además, dicho saber suministra información para que los investigadores, transferidores y asistentes técnicos establezcan las actividades relacionados con variables en condiciones representativas.

Referencias

- Franco, G., Vásquez, L., Saldarriaga, A., Bernal, J., Arguelles, J., & Antía, G. (2017). *Proyecto Modelo de plataforma para el aprovechamiento integral, adición de valor y competitividad de frutales comerciales andinos* (Informe de avance). Rionegro, Colombia: Universidad Nacional de Colombia sede Manizales, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria (Fontagro).

- Marulanda, M., López, A., López, J., Isaza, L., Gómez, L., & Arias J. (2011). *Resultados de investigaciones en mora de Castilla: una aplicación para el agricultor (2008-2011)*. Pereira, Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira (UTP).
- Pérez, J., Ríos, G., Morales, J., Romero, M., Franco, G., Gallego, J., Botero, M., & Echeverry, D. (2004). Zonas productoras de mora (*Rubus glaucus* Benth.) con ventajas competitivas en el Eje Cafetero de Colombia. En Centro de Desarrollo Tecnológico de Frutales (CDTF), Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica); Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales, Corporación para el Desarrollo de Caldas (CDC) y Universidad de Caldas, *Memorias del V Seminario Nacional e Internacional de Frutales* (pp. 9-18). Manizales, Colombia: Autores.
- Red de Información y Comunicación del Sector Agropecuario Colombiano (Agronet). (s. f.). *Área, producción y rendimiento nacional por cultivo*. Recuperado de <http://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/default.aspx>
- Ríos, G., Botero, M., Franco, G., Romero, M., Pérez, J., Morales, J., Gallego, J., & Echeverry, D. (2002). Zonificación, caracterización y tipificación de los sistemas de producción de mora en el Eje Cafetero. En *Memorias del IV Seminario Nacional de Frutales de Clima Frío Moderado* (pp. 30-36). Medellín, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Ríos, G., Franco, G., Muñoz, C., & Rodríguez, J. (2000). *Caracterización del sistema de producción de mora en los municipios de Quinchía, Guática (Risaralda) y Riosucio (Caldas)*. Manizales, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria (Pronatta).
- Vásquez, L., Bernal, J., Franco, G., Saldarriaga, A., & Antía, A. (2016). Productores de frutas en el Eje Cafetero colombiano inician la aplicación de Buenas Prácticas Agrícolas. *El Jornal* (Suppl.), 6-7.
- Zapata, J., Cotes, A., Uribe, L., Díaz, A., Villamizar, L., Gómez, M., ... Gómez, E. (2013). *Desarrollo de prototipos de bioplaguicida a base de Rhodotorula glutinis LvCo7 para el control de Botrytis cinerea en cultivos de mora*. Bogotá, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).



Capítulo II

Generalidades

Jorge Alonso Bernal Estrada
Cipriano Arturo Díaz Díez
Germán Franco

Uno de los países con mejores condiciones topográficas para el establecimiento de cultivos frutícolas es Colombia, debido a su gran variedad de climas. La ubicación en la línea ecuatorial en condiciones tropicales le confiere una iluminación solar constante a lo largo del año, permitiendo cosechas de todo tipo. Estas características hacen que los cultivos crezcan desde el nivel del mar hasta los 2.800 m, lo que constituye el 95 % del área nacional (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2016).

Para el año 2015, de acuerdo con estadísticas de la Red de Información y Comunicación del Sector Agropecuario Colombiano (Agronet) (2017), el país contaba con un área plantada en frutales que superaba las 901.484 ha, con una producción aproximada de 9,5 millones de t/año, distribuidas en 95 especies diferentes, sembradas en los 33 departamentos y utilizadas tanto para el consumo en fresco como para su procesamiento.

Los sistemas de producción frutícola en Colombia han presentado, a partir de la década de los 80 del siglo pasado, una notable dinámica en los diferentes ambientes en los que estos se desarrollan. Para esa misma época, era el tercer país de América Latina en número de hectáreas destinadas a la producción de frutas con una participación de 10,9 %, siendo además el tercer productor de la región con 7,6 % (Agronet, 2017; FAO, 2016).

Entre 2007 y 2015, la superficie frutícola cultivada creció a una tasa del 2,44 % anual. Esta situación ha llevado a que las frutas se conviertan en una buena alternativa productiva y económica, en diversas zonas del país (Agronet, 2017). El crecimiento mostrado por el sector frutícola, además de impactar positivamente los aspectos productivos del nivel regional y local, ha sido fundamental para el desarrollo socioeconómico de las zonas productoras. Lo anterior se sustenta principalmente en indicadores como la potencialidad para la generación de empleo rural, la posibilidad de producir ingresos agropecuarios no tradicionales, la identificación de alternativas sostenibles para espacios con problemas de degradación de recursos naturales y el papel determinante para el posicionamiento de la agroindustria en el país.

La mora es considerada como un cultivo promisorio en el proceso de diversificación de la agricultura colombiana. En toda la zona Andina del país, el cultivo de la mora ha ganado importancia debido a la necesidad de diversificación y a las condiciones favorables para la producción y comercialización, así como a la existencia de buenos canales de comercialización, un mayor apoyo en los créditos por parte de las entidades financiadoras, la asistencia técnica oportuna y la creciente demanda de las agroindustrias procesadoras de fruta. La mora se considera dentro de los cultivos de rápido retorno del capital invertido, con tasa interna de retorno superior a 50 % y relación costo beneficio de 1,5 (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR], 2005).

Aproximadamente 90 % de la producción de mora se utiliza en diferentes formas de procesamiento por la agroindustria, el resto (10 %) se destina al consumo en fresco. La producción ha aumentado gracias al interés de los consumidores por este producto, motivo por el cual se ha empezado a explotar por sus propiedades nutraceuticas y sus contenidos de metabolitos secundarios. En el ámbito nacional, el total de la producción se comercializa para el consumo interno donde se usa en la preparación de jugos, dulces y jaleas, el resto se procesa industrialmente para la elaboración de mermeladas, refrescos, jugos concentrados y purés, entre otros (Corporación Colombia Internacional [CCI], 1999a).

De acuerdo con los especialistas del sector, en los últimos años, el consumo de frutas frescas se ha reducido por el crecimiento de la industria de jugos, representada principalmente por productos transformados como concentrados y pulpas (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR], 2005).

Origen y distribución

El hombre, desde tiempos inmemoriales, ha consumido todo tipo de bayas (*berries* en inglés) cultivadas o silvestres; entre ellas están las moras, las frambuesas y las zarzamoras, que se constituyen en especies muy difundidas en algunos países europeos (como Francia, Hungría, Yugoslavia, Alemania, entre otros), en Norteamérica (en Estados Unidos y Canadá), así como en Centro y Suramérica. Esta extensa área indica que son cultivos que pueden desarrollarse en una amplia variedad de climas y suelos.

Los Andes colombianos y ecuatorianos son el hábitat natural del género *Rubus*, con el mayor número de representantes dentro de la familia Rosaceae y una de las más diversas del reino Plantae (Romoleroux, 1992). *Rubus* L. es el único género de la tribu Rubeae en la subfamilia Rosoideae (Potter et al., 2007) y comprende aproximadamente 750 especies (Robertson, 1974; Thompson, 1995; Focke, 1910, 1911, 1914; Gustafsson 1942, 1943; Spies & Du Plessis, 1984; Hummer, 1996). El género está distribuido en todo el mundo y se ha sugerido que procede de zonas templadas del hemisferio norte, mientras que solo algunas especies se encuentran en los trópicos o en el hemisferio sur (Kalkman, 2004).

El nivel de ploidía de este interesante grupo de plantas tiene un rango que varía desde plantas diploides hasta dodecaploides, la mayoría de estas apomíticas y altamente heterocigóticas. *Rubus* ha sido dividido en doce subgéneros, de los cuales solo unas pocas especies han sido domesticadas. El subgénero *Idaeobatus* contiene las frambuesas (en inglés *Raspberries*) que están distribuidas en el hemisferio norte, principalmente Asia, África, Europa y Norteamérica; el subgénero *Rubus* incluye especies encontradas en Europa, Asia y Norteamérica, mientras que el subgénero *Orobatus* es exclusivo de Suramérica. Especies representativas de los subgéneros *Rubus*, *Orobatus* e *Idaeobatus* se encuentran en los Andes colombianos y ecuatorianos (Ballington, Luteyn, Thompson, Romoleroux, & Castillo, 1993). *Rubus* está distribuido alrededor de las zonas altas de los trópicos, usualmente por encima de los 800 m s. n. m.

El género *Rubus* es uno de los de mayor número de especies en el reino vegetal; y se encuentra diseminado en casi todo el mundo, excepto en las zonas desérticas. El botánico y explorador alemán Karl Theodor Hartweg, trabajando para la Sociedad de Horticultura de Londres, realizó varias expediciones de colecta de especies, entre 1836 y 1847, en Colombia, Ecuador, Guatemala, México y California (Estados Unidos), dentro de las cuales estaba la mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth.). Muchas de las especies de *Rubus* colectadas fueron identificadas y catalogadas por Bentham (1839), inglés botánico, pteridólogo (experto en helechos) y micólogo, en su libro *Plantas Hartwegianas*. La mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth.) encontrada por Hartweg y descrita por Bentham (1839), es originaria de las zonas altas tropicales de América. Esta fruta es oriunda de la zona Andina y de algunos países de la América intertropical, donde en muchos casos se encuentra en estado silvestre (Gattoni, 1962; Obregón, 1969). Se cultiva comercialmente en Colombia (Popenoe, 1920), Ecuador (Popenoe, 1921), Panamá, Guatemala, Honduras, México y Salvador (Gattoni, 1962). En Colombia la mora de Castilla sobresale entre las especies cultivadas por la variabilidad en tamaño, color y calidad del fruto, y se considera como una selección antigua derivada de plantas silvestres (Eraso, 1982); además, se acepta como un híbrido pues combina características de los subgéneros *Idaeobatus* y *Rubus*, y es además un anfídiploide fértil (Jennings, 1998).

Pérez (1956) reporta cuatro especies de *Rubus* para Colombia a saber, *R. glaucus* (mora de Castilla), *R. bogotensis* H.B.K. (mora borrachera), *R. floribundus* y *R. giganteus*; por su parte, Romero (1961) menciona, además, a *R. macrocarpus* Benth. o *R. nubigenus* H.B.K. (morón), *R. urticaefolius* Poiret, *R. porphyromalus* Focke y *R. macrocarpus* Benth. Gutiérrez (1970) reporta a *R. roseus* Poir y *R. adenotrichos* Schltdl.; y Vargas (2002), a *R. coriaceus* Poiret (mora de páramo), *R. compactus* Benth.

y *R. guianensis* Focke. Otros autores señalan, fuera de las anteriores, a *R. robustus*, *R. rosifolius*, *R. niveus* Thunb y *R. alpinus* Macfad (Angulo, Rosero, & González, 2012; Cancino-Escalante, Barbosa, & Díaz-Carvajal, 2012; Cancino-Escalante, Sánchez-Montaño, Quevedo-García, & Díaz-Carvajal, 2011; Espinosa, Medina, & Lobo, 2009; Marulanda & López 2009; Marulanda, López, & Aguilar, 2007; Moreno, Villarreal, Lagos, Ordoñez, & Criollo, 2011; Morillo, Morillo, Muñoz, Vásquez, & Zamorano, 2005; Muñoz, Morillo, & Morillo, 2008; Rivera, Linares, Carrizosa, & Ramírez, 1997; Zamorano, Morillo, Morillo, Muñoz, & Vásquez, 2007). De acuerdo con Bernal, Galeano, Rodríguez, Sarmiento y Gutiérrez (2017), en el Jardín Botánico de la Universidad Nacional sede Bogotá, reposan ejemplares colectados de *Rubus* desde los años 30 a los 40, entre los que se mencionan las siguientes especies: *R. choachiensis* Berger, *R. compactus* Benth., *R. coriaceus* Poir., *R. eriocarpus* Liebm., *R. floribundus* Weihe, *R. gachetensis* A. Berger, *R. glabratus* Kunth, *R. guyanensis*, *R. idaeus* Focke, *R. nubigenus* Kunth, *R. obtusifolius*, *R. roseus* Poir y *R. urticifolius* Poir.

Debido a cruzamientos naturales en *Rubus*, se pueden identificar hasta 500 especies. En áreas donde especies de este género son cultivadas, individuos silvestres son encontrados en zonas de crecimiento secundario, en márgenes de bosques y a lo largo de los bordes de los caminos. Plantas silvestres y cultivadas tienen el potencial de interactuar de muchas maneras. Los materiales cultivados pueden influenciar la diversidad genética de las poblaciones naturales a través de pérdida de genes y transferencia de polen. Las especies silvestres también pueden servir como plantas hospederas de plagas y de sus predadores naturales (Romoleroux, 1992).

Adicionalmente, las poblaciones silvestres son también una fuente potencial de material para el mejoramiento genético. Sin embargo, hay poca información disponible sobre la extensa relación e interacción natural entre las poblaciones de las especies cultivadas y silvestres de *Rubus* (Graham, Squire, Marshall, & Harrison, 1977). En *Rubus glaucus* Benth. existe un debate sobre si este taxón pertenece al subgénero *Rubus* o a *Idaeobatus*, dado que su morfología es la combinación de ambos en cuanto a crecimiento y follaje, semejante a la frambuesa (subgénero *Idaeobatus*) y de la zarzamora (subgénero *Rubus*), cuyo receptáculo permanece en el fruto cuando está maduro; tales elementos constituyen que sea considerado como un anfidiplóide fértil o un híbrido intersubgenérico (*Rubus* × *Idaeobatus*) (Popenoe, 1921; Popenoe, King, León, & Kalinowski, 1989; Ballington et al., 1993; Jennings, 1998; Espinosa et al., 2009); sin embargo, Bentham (1839) ubica a *R. glaucus* dentro del subgénero *Lampobatus*.

Distribución en Colombia

En Colombia el género *Rubus* se encuentra distribuido desde el Magdalena hasta el Putumayo (Romero, 1991); de acuerdo con Patiño (2002), el cronista Simón hace la primera referencia sobre la existencia de moras en Colombia, en 1625, en Santa Fe de Bogotá. Dentro de las frutas andinas encontradas por los españoles en Colombia, la mora tuvo gran aceptación por parte de la población tanto extranjera como criolla, ello generó que la fruta pasara de ser una especie silvestre a una planta domesticada y explotada comercialmente. El auge fue mayor hacia la década de los años 70 y se consolidó en los años ochenta del siglo xx.

La producción de la mora en Colombia se originó de manera fortuita, ya que en el mercado local su demanda surgió sin que los cultivos comerciales aún existieran. Esto indujo a que los huertos productivos se incrementaran, pues lo que realmente había se limitaba a plantas de patio o solar. De aquí surgieron zonas en las cuales se observó mayor adaptación de la especie y se desarrollaron áreas productivas, tal es el caso del oriente antioqueño, zonas frías de Cundinamarca y Boyacá, Nariño y Eje Cafetero, entre otras.

En Colombia el área sembrada en mora en 2015, de acuerdo con estadísticas de la Red de Información y Comunicación del Sector Agropecuario Colombiano [Agronet] (2017), era aproximadamente de 13.425 ha, con una producción de 116.231 t/año y un rendimiento promedio de 8,5 t/ha, lo que se considera bajo. La siembra de este frutal está en 361 municipios de los departamentos de Cundinamarca, Santander, Antioquia, Huila, Nariño y Boyacá, con un 74 % del área total sembrada en el país, seguidos de Valle, Tolima, Caldas, Norte de Santander, Cauca, Risaralda y Cesar con un 25 %, el 1 % restante está sembrada en los departamentos de Quindío, Putumayo y Chocó (tabla 2.1). Los departamentos con mayores rendimientos en t/ha son Caldas (16,12), Risaralda (10,3), Santander (10,3), Cundinamarca (8,6) y Antioquia (11,2), que superan el promedio nacional (tabla 2.1).

Tabla 2.1. Área, producción y rendimiento de mora en Colombia, por departamento en 2015

Departamento	N.º Municipios	Área cosechada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)	Participación del área cosechada nacional (%)	Participación de la producción nacional (%)
Antioquia	30	1.423	16.536	11,62	10,60	14,23
Boyacá	53	746	5.905	7,91	5,56	5,08
Caldas	14	411	6.623	16,10	3,06	5,70
Cauca	17	450	2.248	4,99	3,36	1,93
Cesar	6	333	1.988	5,97	2,48	1,71
Chocó	1	3	18	6,00	0,02	0,02
Cundinamarca	46	2.968	25.482	8,58	22,11	21,92
Huila	32	1.124	7.795	6,93	8,37	6,71
Meta	5	89	1.146	12,88	0,66	0,99
Nariño	37	1.172	7.085	6,04	8,73	6,10
N. de Santander	17	492	4.065	8,26	3,66	3,50
Putumayo	3	6	72	12,00	0,04	0,06
Quindío	9	96	342	3,56	0,72	0,29
Risaralda	11	274	2.818	10,26	2,05	2,42
Santander	37	2.285	23.524	10,30	17,02	20,24
Tolima	17	710	5.520	7,78	5,29	4,75
Valle del Cauca	26	839	5.058	6,03	6,25	4,35
Total nacional		13.425	116.231	8,54	100,00	100,00

Fuente: Red de Información y Comunicación del Sector Agropecuario Colombiano [Agronet] (2017)

De acuerdo con estadísticas de Agronet (2017), el área sembrada de mora en Colombia tuvo un aumento del 76% entre 2004 y 2015; de igual manera, la producción aumentó en un 90% (figura 2.1). Estos incrementos son el resultado del progresivo interés por parte de la agroindustria y de los consumidores por la fruta y, además, por la promoción que algunas asociaciones de productores o esquemas de gobierno y sector privado le han ofrecido a este cultivo (Agronet, 2017).

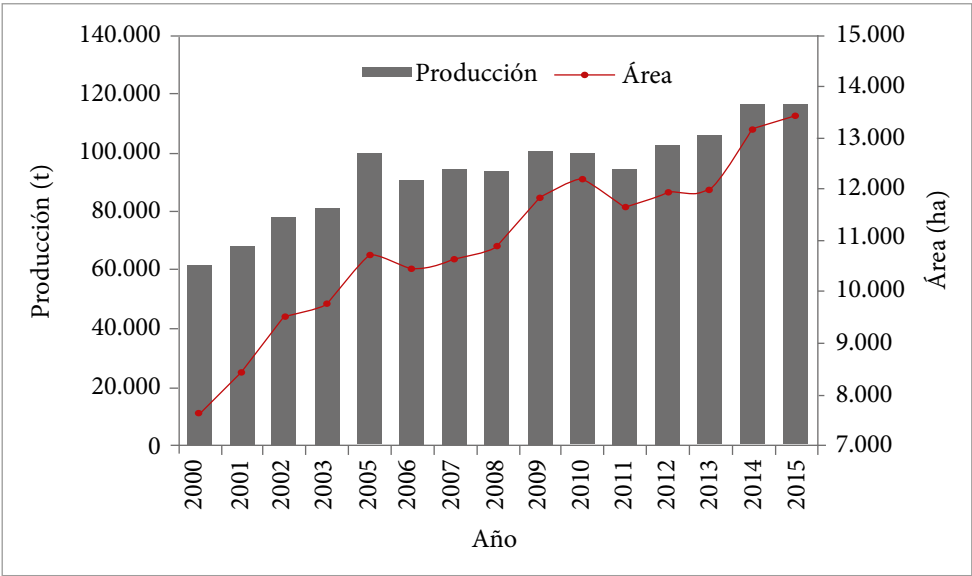


Figura 2.1. Tendencia del área y la producción de mora sembrada en Colombia de 2000 a 2015.
Fuente: Elaboración propia con base en información obtenida en Agronet (2017)

Taxonomía

Reino:	Plantae
Subreino:	Tracheophyta
Superdivisión:	Spermatophyta
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Subclase:	Rosidae
Orden:	Rosales
Familia:	Rosaceae
Subfamilia:	Rosoideae
Género:	<i>Rubus</i> L.
Subgénero:	<i>Lampobatus</i>
Especie:	<i>Rubus glaucus</i> Benth.

Fuente: Bentham (1839) y United States Department of Agriculture [USDA] (2017)

La palabra *Rubus* se deriva del nombre en latín de la zarzamora y se origina de la palabra *ruber* que significa rojo (Wagner, Herbst, & Sohmer 1999). El nombre de *glaucus* proviene del latín *glaucus-a* y este del griego *glaucón*, que significa de color verde mar, debido al matiz ligeramente azulado que presenta el haz de las hojas (Miranda, 1976).

Nombres comunes: Mora, mora de Castilla, mora azul (Colombia), zarza o zarzamora (España), *mora de rovo* (Italia), *mure sauvage*, *mûre des andes* o *ronce común* (Francia), *gemeiner brombeerstrauch*, *andenbeere*, *andenhimbeere*, *brombeer* (Alemania), *blackberry* (Estados Unidos) (Winton, 1935; Pérez, 1956; Tamaro, 1964; Romero, 1991). Por su parte, Popenoe (1969) designa esta especie con el nombre de “Andes Berry”.

Al género *Rubus* pertenecen también las frambuesas y las zarzamoras. Desde 1881 a la fecha se han desarrollado híbridos entre moras y frambuesas, que han dado origen a nuevos materiales de siembra y que son utilizados tanto para el consumo fresco de los frutos, como para el procesamiento industrial por sus finos sabores (Darrow, 1995).

Morfología

La mora en su forma natural es una planta de hábito perenne, de porte arbustivo (figura 2.2a), semierecto y semitrepador (figura 2.2b), y de crecimiento muy vigoroso; puede llegar a tener hasta tres metros o más de altura. En la base de la planta se encuentra una corona o macolla, de donde se forman los tallos y la cual está conformada por una gran cantidad de raíces superficiales (Gutiérrez, 1970; Franco & Giraldo, 2001).

Raíz

La raíz de la mora es de hábito indefinido, muy ramificada (fasciculada) (figura 2.3a), la cual se distribuye en los primeros 30 a 50 cm del suelo en disposición horizontal, con longitudes entre 0,5 y 1,2 m, las cuales cumplen la función de sostén. El sistema radical es perenne, cuya longevidad puede llegar a más de 20 años; es poco profundo, concertándose el 90 % entre los 10 y 15 cm de profundidad, con raíces adventicias; carece de un eje central en caso de ser plantas provenientes de propagación asexual; en cualquiera de sus formas es comúnmente conocida como fasciculada. Por medios sexuales, su sistema radical se particulariza por tener una raíz pivotante que profundiza hasta 1,20 m y desarrolla vigorosamente raíces secundarias, obteniendo

así un fuerte anclaje. La raíz se origina, por lo general, del cuello cicatrizal en las estacas y en los acodos. Las raíces cumplen la función de absorción de nutrientes, anclaje de la planta y reproducción al emitir brotes de las yemas vegetativas que posee (figura 2.3b) (Romero, 1991).



Fotos: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 2.2. Aspecto de las plantas de mora. a. Porte arbustivo; b. Hábito semitrepador de la planta.

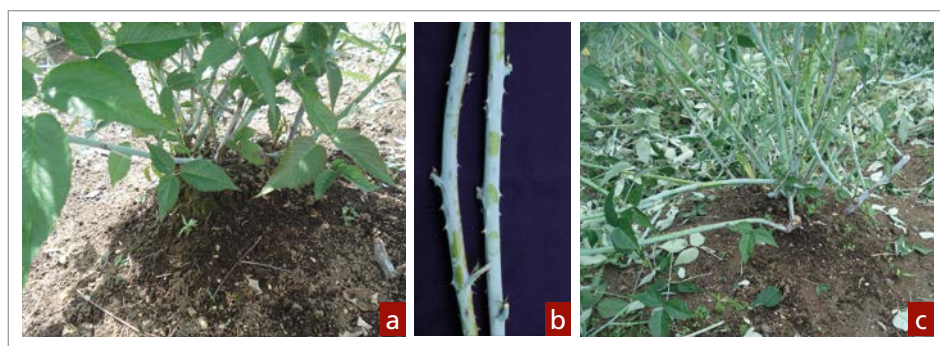


Fotos: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 2.3. Raíces de una planta de mora. a. Raíces fasciculadas; b. Emisión de brotes de yemas vegetativas en la raíz.

Tallos

Los tallos de la mora son rastreros o semierguidos (figura 2.4a), redondeados, glabros (sin tricomas), glaucos (azulosos), cubiertos por una capa gruesa de cera blanquecina (figura 2.4b), con aguijones recurvos (2 a 3 mm de longitud), tanto en el tallo como en los pecíolos y en las nervaduras principales de los folíolos, por el envés. Algunos materiales no poseen aguijones (mora sin espinas) (figura 2.4c); tienen un diámetro de 1 a 2 cm y de 3 a 4 m de longitud (Miranda, 1976). Los tallos de la mora son simpodiales, lo cual significa que la yema terminal del eje central (o de una rama) muere sistemáticamente (en el invierno en zonas con estaciones o por floración) y es una yema lateral la que retoma el crecimiento (Corzo, 1995). Las plantas presentan diferentes tipos de tallos o ramas, y se distinguen entre ramas vegetativas y reproductivas.



Fotos: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 2.4. Tallos de mora. a. Tallos rastreros o semierguidos; b. Tallos redondeados, glabros y cerosos; c. Plantas con tallos sin espinas.

Hojas

Las hojas de la mora de Castilla son trifoliadas (figura 2.5), alternas, compuestas, de folíolos ovoides, ovado-lanceolados, de bordes aserrados, provistas de estípulas que se unen al tallo en la base del pecíolo, de 4 a 5 cm de largo, con espinas recurvas, verde claro por el haz y glaucos por el envés. Los pecíolos también tienen espinas de color blanco y forma cilíndrica. Las nervaduras son curvinervias y alternas (Gutiérrez, 1970).



Fotos: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 2.5. Detalle de hojas de mora de Castilla (haz y envés).

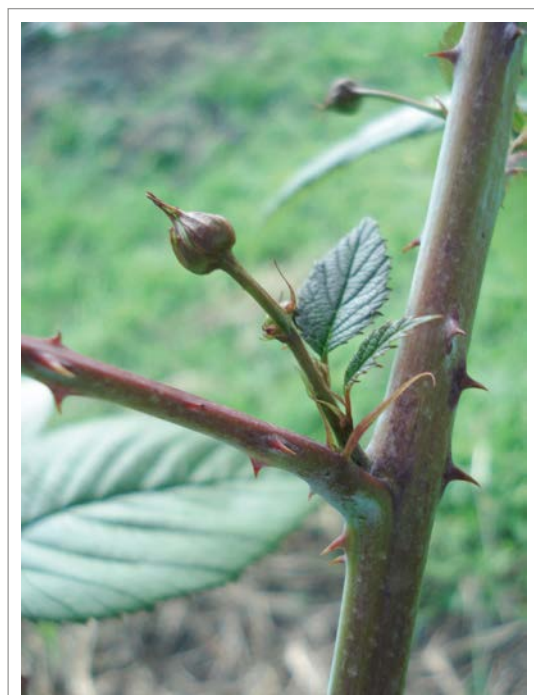
Inflorescencias

Las inflorescencias en la mora son compuestas y se presentan en racimos terminales (figura 2.6a), aunque en ocasiones se ubican en las axilas de las hojas. Las inflorescencias son racimosas (figura 2.6b), con 10-20 cm de longitud y con 15-22 flores; poseen un eje principal que crece indefinidamente y produce ramificaciones laterales que terminan en flores. Presentan un pedicelo de 10-40 mm de longitud, sin vellosidades y con espinas. Las flores inferiores se abren primero, razón por la cual dichas inflorescencias reciben el nombre de centrípetas. El racimo está formado por nudos y en cada uno de ellos se producen hojas, y en las axilas se emite un pedúnculo principal que da origen a otros pequeños racimos, los cuales terminan en botones florales (Gutiérrez, 1970; Miranda, 1976; Romoleroux, 1992) (figura 2.7).



Fotos: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 2.6. Inflorescencias en plantas de mora de Castilla. a. Racimos terminales; b. Inflorescencias racimosas.



Fotos: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 2.7. Inflorescencia axilar en un nudo de la planta de mora.

Flores

La mora presenta alogamia, un tipo de reproducción sexual en las plantas, el cual consiste en la polinización cruzada y la fecundación entre plantas genéticamente diferentes. Este tipo de reproducción favorece la producción de individuos genéticamente nuevos y, por ende, la generación constante de variabilidad genética en las poblaciones (Frankel & Galun, 1977). Sin embargo, también presenta autocompatibilidad, lo que le permite polinizar flores de la misma planta entre sí.

Antonius y Nybon (1995) reportaron la existencia de muchas especies de mora que son poliploides y que presentan apomixis facultativa, esto significa que la semilla se produce sin la fertilización del grano de polen, dando como resultado progenies idénticas a la planta madre, aunque ello depende de los genotipos parentales que se utilicen en los cruzamientos, ya que se observó, de manera experimental, que se puede producir semilla sexual hasta en un 40 %; sin embargo, para que se active el desarrollo de la semilla apomíctica es necesaria la polinización.

En moras europeas, africanas, asiáticas y norteamericanas, la apomixis, el nivel de ploidía y el número cromosómico, se han determinado por medio de investigaciones a nivel citológico, embriológico, fenotípico y molecular. En Colombia, estudios citológicos o embriológicos no han sido adelantados para definir la apomixis en mora de Castilla. En Antioquia, los agricultores que propagan por semilla la mora, en forma comercial, afirman que las plantas obtenidas a través de este sistema mantienen las particularidades de las plantas madres, lo cual supone la presencia de apomixis (Marmolejo, 2010).

Las flores, de 2 a 2,3 cm de diámetro, son hermafroditas, autocompatibles y actinomorfas, y presentan cinco sépalos verdes que alternan con cinco pétalos blancos, rojos o lila. El número de carpelos varía de 1 a 150, libres o reunidos con el receptáculo, rara vez soldados por los estilos o el ovario, y están ubicados junto con los estambres, que también son numerosos, sobre un eje de forma cónica (figura 2.8). Según McGregor (2009), la flor posee de 50 a 100 estambres alrededor de un número semejante de pistilos. El estilo puede ser lateral, terminal o ginobásico. El ovario posee una sola cavidad en la que se alojan de 1-120 óvulos (Miranda, 1976). El receptáculo floral o hipantio desaparece a menudo después de la fecundación, pero puede persistir con o sin transformaciones profundas;

a veces forma alrededor de los frutos una cúpula de paredes delgadas o carnosas, o bien se suelda a la cara externa de los carpelos constituyéndose en la parte más importante del fruto (Miranda, 1976). El néctar es secretado por una copa poco profunda, localizada en la base de la flor. La secreción comienza justo antes de la apertura de los pétalos y continúa hasta su caída (Percifal, 1946).

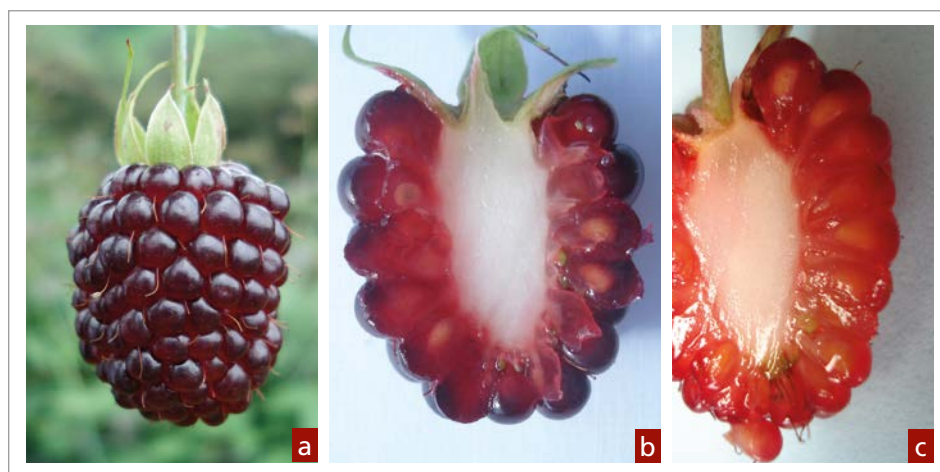


Foto: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 2.8. Detalle de la flor de mora.

Fruto

El fruto de la mora es una polidrupa o fruto agregado (figura 2.9a), el cual está formado por diminutas drupas adheridas a un receptáculo desarrollado y carnoso, de color blanco (figura 2.9b); su color varía de rojo a negro brillante conforme el desarrollo. Se conoce como drupa a un fruto carnoso, indehisciente, unilocular, casi siempre monospermo (de una sola semilla), con el pericarpio succulento y el endocarpio firme (figura 2.9c) (Gutiérrez, 1970). El fruto es de forma esférica o elipsoidal, de tamaño variable (1,5 a 2,5 cm) en su diámetro más ancho, de color verde cuando se está formando, pasando por un color rojo hasta morado oscuro cuando se madura. Los frutos maduran de manera dispareja porque la floración no es homogénea (Miranda, 1976).



Fotos: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 2.9. Fruto de mora. a. Fruto con numerosas drupas; b. Detalle de drupas unidas al receptáculo; c. Detalle de drupas con la semilla en su interior.

El peso del fruto fluctúa de 3 a 8 g, es de consistencia firme y sabor agridulce, su pulpa es rojiza y allí se encuentran las semillas (de 100 a 120). Dadas estas características, el fruto es altamente perecedero, por lo que debe hacerse la cosecha una vez que el fruto ha llegado a su madurez comercial, es decir de color escarlata, con suficiente dureza y textura, para evitar que el producto se deteriore (Miranda, 1976).

Semillas

Las semillas son pequeñas (de 2 a 3 mm de longitud y de 1 a 2 mm de ancho), reniformes, rugosas, abultadas y de color café claro (figura 2.10). Cada semilla pesa aproximadamente 1,7 mg y el peso de 100 semillas es de 0,17 g. El micrópilo, pequeño poro a través del cual se produce la entrada del tubo polínico en el óvulo y por donde se dirige la radícula en la germinación, es ventral. Se estima que un fruto grande de mora posee alrededor de 199 semillas en promedio; uno mediano, 95, y uno pequeño, 84, con un promedio de 126 semillas por fruto (Díaz, 2011).

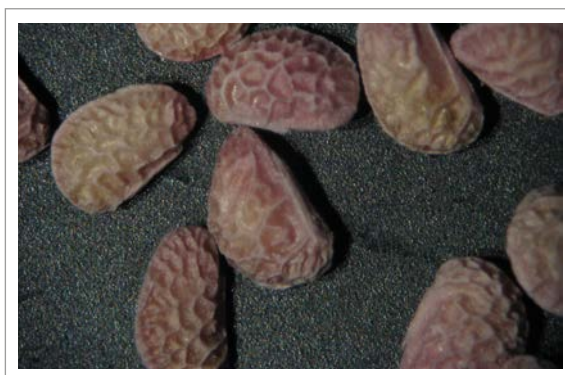


Foto: Cipriano Arturo Díaz Díez

Figura 2.10. Detalle de las semillas de mora (reniformes y rugosas), con un aumento de 10×.

Género *Rubus*

Las especies del género *Rubus* están ampliamente distribuidas en los cinco continentes, y sobresalen las que pertenecen a los subgéneros *Rubus*, *Orobatus* e *Idaeobatus*. Este género (*Rubus*) es muy complejo y contiene trece subgéneros: *Anoplobatus*, *Chamaebatus*, *Chamaemorus*, *Comaropsis*, *Cyclactis*, *Diemenicus*, *Dalibardastrum*, *Idaeobatus*, *Lampobatus*, *Malachobatus*, *Micranthobatus*, *Orobatus* y *Rubus*. El subgénero *Rubus* es el mayor y está dividido en doce secciones: *Allegheniensis*, *Argoti*, *Caéis*, *Canadenses*, *Corylifolii*, *Cuneifolii*, *Flagellares*, *Hispidi*, *Rubus* (también conocido como *Rubus fruticosus*), *Setosi*, *Ursini* y *Verotriviales* (Zasada & Tappeiner, 2003).

Especies de *Rubus* en Colombia

La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), que tiene a su cargo el sistema de Bancos de Germoplasma de la nación colombiana, conserva una colección de especies de *Rubus* que incluye tanto plantas cultivadas como silvestres (espontáneas), obtenidas en diversas áreas dentro y fuera del país. El objetivo de la colección es conservar la variabilidad del género y promocionar su uso para la explotación comercial, partiendo de la caracterización de las especies colectadas (Espinosa et al., 2009).

En Colombia, además de la mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth.), la cual es la más cultivada comercialmente, se han encontrado otras especies de mora que se describen a continuación.

Rubus bogotensis H.B.K.

Vulgarmente se conoce como mora caballuna o mora de piedra, por la consistencia de sus frutos, los cuales son secos, duros y de pocas drupas. Se ha reportado en Colombia en los departamentos de Antioquia, Boyacá, Caldas, Cauca, Cesar, Cundinamarca, Quindío, Norte de Santander, Nariño, Santander, Tolima y Valle del Cauca, dentro de los rangos de altitud de 1.390 a 3.858 m s. n. m. Se caracteriza por producir frutos en racimos apretados con semillas grandes y de poco jugo (Romero, 1991; Galvis & Herrera, 1995; Bernal et al., 2017).

Rubus bogotensis presenta bejucos ramosos de hasta 5 m de largo, trepadores, tallos teretes (casi cilíndricos, pero sin ranuras o surcos), con pocas espinas cortas; es de color amarillo claro, con un par de estípulas en la base del peciolo de 1,2 cm de largo y 1,5 mm de ancho; peciolo teretes, de 4,0-5,6 cm de largo y con 5-9 espinas curvas. Tiene hojas compuestas, trifoliadas (figura 2.11a), de folíolos ovalados, de consistencia parecida al papel, con una longitud de 6,3 a 7,6 cm, y de ancho tiene de 3,4 a 4,7 cm, con su base redondeada o ligeramente truncada, de margen aserrada. Las hojas son pilosas por el envés y pubescentes o tomentosas por el haz, las cuales presentan hasta siete espinas curvas y cortas en la nervadura central. Cuenta con inflorescencias terminales, en forma de panícula. Las flores revelan cinco sépalos (pentámeras) (figura 2.11b), los cuales están unidos en la base, son pubescentes, acuminados y miden de 0,9 a 1,2 por 5 cm. Los pétalos son de blancos a rosados claro; además, cuenta con numerosos estambres de filamentos finos. Los frutos presentan un cáliz persistente y piloso (Cancino-Escalante et al., 2011).

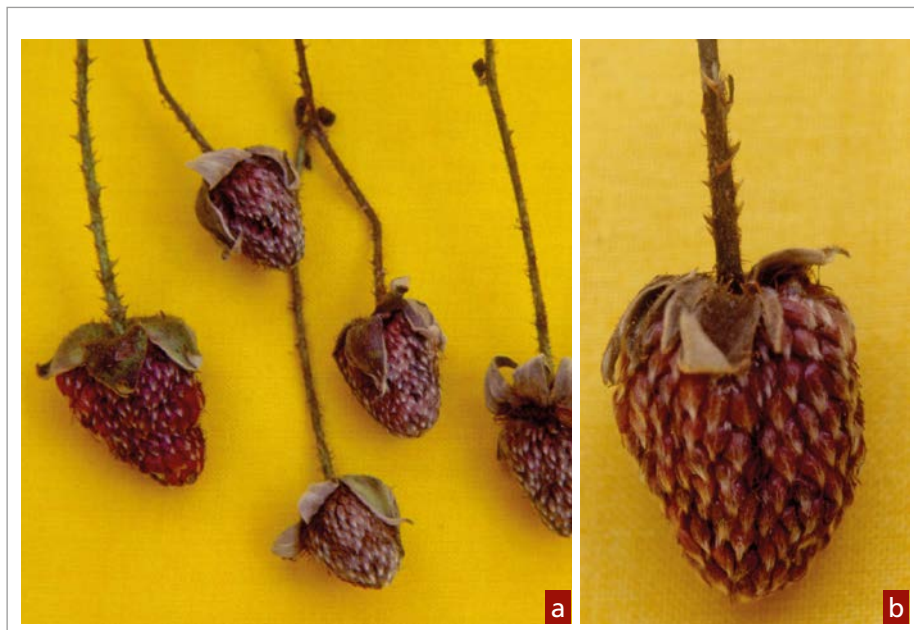


Ilustración: Juan Felipe Martínez Tirado

Figura 2.11. *Rubus bogotensis* H.B.K. a. Detalle de hojas y tallos; b. Detalle de la flor.

Rubus macrocarpus Benth. sin. *Rubus nubigenus* Kunth.

Conocida como mora de gato, presenta hojas trifoliadas, con tallos tipo terete, con aguijones curvos de 1 a 3 mm de longitud, los foliolos son acartonados con márgenes dentados. Esta especie se encuentra principalmente en el departamento de Cundinamarca, en las zonas altas del municipio de Fusagasugá, en altitudes entre los 2.600 y 3.400 m s. n. m. Se caracteriza porque los frutos son muy grandes con longitudes de hasta 7 cm (figura 2.12a). Tiene como característica importante que su receptáculo interno del fruto es hueco (Popenoe, 1926; Romero, 1991; Galvis & Herrera, 1995; Romoleroux, 1996). De otra parte, Bernal et al. (2017) mencionan que esta especie se ha encontrado, además, en los departamentos de Antioquia, Boyacá, Caldas, Caquetá, Cauca, Cesar, Huila, Magdalena, Norte de Santander, Nariño, Quindío, Risaralda y Tolima, en altitudes que van de 1.200 a 3.820 m s. n. m. Las inflorescencias son cimas compuestas de 8 a 20 flores, que tienen de 20 a 30 cm de diámetro, con flores de pétalos color magenta o púrpura; los frutos son de forma ovoide-globosa (figura 2.12b), formados con 40 a 60 drupas, de color vino tinto a negro (Romoleroux, 1996).



Fotos: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 2.12. Frutos de *Rubus macrocarpus* Benth. a. Detalle del tamaño de los frutos; b. Fruto de forma ovoide.

Rubus roseus Poir.

Plantas de cerca de 1,5 m de largo, algunas veces trepan sobre otras plantas y pueden llegar a tener hasta 2,5 m de alto; presenta hojas trifoliadas, con folíolos ovales a oblongo-agudas, brillantes, aserradas, frecuentemente con un tinte marrón; las flores son rosadas púrpuras; y los frutos son ovales o cónicos, de 2,5 a 4 cm de largo, de color carmesí (figura 2.13) (Gutiérrez, 1970). Se encuentra a alturas entre los 2.100 y 3.300 m s. n. m. en los departamentos de Cauca, Cundinamarca, Nariño y Putumayo; también las hay con flores de color morado y los frutos son grandes, rojos y de sabor aceptable (Franco et al., 1996a).



Ilustración: Juan Felipe Martínez Tirado

Figura 2.13. Frutos de *Rubus roseus* Poir.

Rubus notingensis H.B.K.

Se encuentra en alturas entre los 2.600 y 3.100 m s. n. m., sus frutos son muy grandes y cuenta con ramas y pecíolos vellosos; los folíolos son aovados (forma de huevo), agudos, de apariencia blanquecina y con nervaduras espinosas, vellosos en el haz y pubescentes en el envés. Se halla principalmente en los departamentos Cauca, Risaralda, Quindío y Caldas (Uribe, 1940; Romero, 1991; Galvis & Herrera, 1995).

Rubus porphyromallus Focke

Es una mora trepadora, encontrada en Cundinamarca y Magdalena entre los 2.000 y los 2.800 m s. n. m.; los frutos son pequeños y jugosos (Romero, 1991).

Rubus urticaefolius Poir.

Es una de las especies que presenta más área de dispersión geográfica, ya que va desde el Cauca hasta el Magdalena, en alturas que van de 40 a 2.842 m s. n. m. (Romero, 1991). Cuenta con plantas de 3 a 3,5 m de alto, que presentan bejucos rastreros o trepadores, angulosos y con algunas espinas; hojas ternado-palmadas, con los foliolos ovado-acorazonados; flores blancas o rosadas (Miranda, 1976). Presenta canículas hirsutas muy delgadas, comúnmente de 10 a 20 cm de largo, con flores pequeñas, frutos pequeños de 6 mm de largo, ampliamente ovales (figura 2.14) (Gutiérrez, 1970).



Ilustración: Juan Felipe Martínez Tirado

Figura 2.14. Frutos de *R. urticaefolius* Poir.

Rubus floribundus H.B.K.

Presenta tallos poliédricos y vellosos (Pérez, 1956); de foliolos largamente peciolados, firmemente aserrados y vellosos; las hojas superiores ternadas y las inferiores quinadas; flores blancas o rosadas; inflorescencias con 30 a 80 flores; racimos muy esparcidos, frutos pequeños y ácidos. Romoleroux (1996) expresa que esta especie presenta tallos trepadores, angulosos, tomentosos (cubiertos de pelos generalmente ramificados, cortos y dispuestos muy densamente) o glabros (sin pelos), a veces con glándulas disgregadas sésiles; con aguijones curvos, más estrechos en su ápice que en su base. Es de las especies más comunes en la sabana de Bogotá, se ha encontrado en alturas comprendidas entre los 3.000 y 3.600 m s. n. m. (Uribe, 1940); sin embargo, Bernal et al. (2017) reportan esta especie en los departamentos de Cauca, Cundinamarca, Santander y Valle, entre los 1.500 y los 3.500 m s. n. m. Las plantas llegan a 4,5 m de altura, son semiarbusivas, los tallos son poco angulados, finamente pubescentes, de color verde. Las hojas superiores son trifoliadas y las inferiores pentafoliadas; los foliolos son oblongo-elípticos, acuminados, finamente aserrados, escasamente pubescentes por el envés y glabros por el haz; las flores son de color blanco a rosado pálido, con pétalos más largos que el cáliz, cerca de 2,5 cm de ancho; dispuestas en racimos terminales hasta de 30 cm de largo. El fruto es de forma oblongo oval (figura 2.15). de cerca de 2,0 cm de largo; las drupitas son más bien pequeñas (40 a 50 por receptáculo) y están muy estrechamente agrupadas, de color negro (Gutiérrez, 1970).



Foto: Germán Franco

Figura 2.15. Frutos de *R. floribundus* H.B.K.

Rubus adenotrichus Schelecht

Plantas muy vigorosas que pueden llegar hasta los 5,5 m de alto; sus tallos son robustos y muy gruesos, cubiertos por pelos cortos, tiesos y de color marrón (figura 2.16); los folíolos son de ovado-acuminados a oblongo-acuminados, finamente aserrados, de 7,5 a 10 cm de largo; las flores son de color blanco y están dispuestas en panículas laxas que algunas veces pueden medir más de 30 cm de largo, las cuales producen frutos muy abundantes, ovoides, de color púrpura oscuro, comúnmente de cerca de 2,0 cm de largo, con numerosas drupitas estrechamente agrupadas (Gutiérrez, 1970). Es una mora silvestre que se encuentra en el norte del Ecuador, entre los 2.500 y 3.700 m s. n. m. (Popenoe, 1924). En Colombia se ha reportado esta especie en Cundinamarca, Boyacá, Caldas, Chocó, Magdalena, Norte de Santander, Putumayo, Quindío y Valle del Cauca entre los 1.700 y 3.300 m s. n. m. (Bernal et al., 2017).



Figura 2.16. Hojas e inflorescencias de *R. adenotrichus* Schelecht.
Fuente: Culbert (s. f.).

Rubus megalococcus Focke

Esta variedad se encuentra principalmente en Cundinamarca, sembrada entre los 2.300 y los 2.700 m s. n. m. Es una planta silvestre, rústica, con espinas agudas, cuyos frutos son pequeños (Galvis & Herrera, 1995). *R. megalococcus* es un arbusto de hasta 3 m de altura; tiene tallos angulosos, glabros o pubescentes, espinosos, con espinas que se estrechan gradualmente desde la base, de 3-5 mm de largo, curvados,

con estípulas. Peciolos de 60-100 mm de largo, glabros a pubescentes y espinosos. Hojas trifoliadas, raramente pentafoiliadas, folíolos oval-lanceolados, subcoriáceos, de base redondeada, *ápice* acuminado, de margen aserrada, con haz y envés glabros. Inflorescencias en panículas, de 10-30 mm de largo, con 15-25 flores (figura 2.17a). Flores 15-17 mm de diámetro, sépalos ovales-lanceolados, pétalos de color rosado. Frutos globosos, 15-25 × 15-25 mm, con presencia de los sépalos; drupas grandes, de 10-20 por receptáculo, glabras, de color morado oscuro a negro (figura 2.17b) (Romoleroux, 1996).



Ilustración: Juan Felipe Martínez Tirado

Figura 2.17. *R. megalococcus* Focke. a. Inflorescencias; b. Frutos.

Rubus alpinus Macfad

Arbustos trepadores, de tallos acanalados, glabros o ligeramente pubescentes, con ramas que miden hasta 3 m de largo, reclinadas; de hojas brillantes, sin pelos (glabras) (figura 2.18a), con estípulas alargadas de 0,6 mm; de pecíolos casi cilíndricos, con 5 a 9 espinas curvas. Presenta hojas pentafoiliadas o trifoliadas, con folíolos ovados, de margen aserrado y venación prominente en el envés; las inflorescencias son panículas ramificadas y terminales, con pedicelos pubescentes, con una longitud de 0,6 a 1 cm; los sépalos son deltoides, en forma de punta, unidos en su base, con una longitud de 7 a 8 mm y 4 mm de ancho; los pétalos son redondeados, lisos, en forma

de membrana, con un largo y ancho de 6 a 7 mm, de color rosado tenue a blancos; con numerosos filamentos de una longitud de 6 mm y con anteras de 0,3 mm, con forma de ovado y redondeadas. Los frutos son redondeados, con un diámetro de 1 cm y compuestos por numerosas drupas, de un color púrpura profundo cuando están maduros (figura 2.18b), sostenidos por un cáliz persistente (Cancino et al., 2011).



Fotos: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 2.18. *R. alpinus* Macfad. a. Planta; b. Frutos.

Descripción de algunos materiales de mora comúnmente sembrados en Colombia

Aunque la mora es una especie que se propaga vegetativamente, existen diferencias marcadas en los materiales de las zonas productoras del país, incluso dentro de las mismas zonas. Esta carencia de materiales debidamente caracterizados y evaluados, con una oferta tecnológica adecuada que resuelva los problemas de manejo del cultivo y en especial los problemas sanitarios, ha sido uno de los principales obstáculos para la inversión, debido a los riesgos económicos que acarrea el uso de materiales con un manejo desconocido. Por lo tanto, la caracterización y evaluación de materiales de mora garantiza un conocimiento certero de su comportamiento en las zonas de interés. En Colombia se han venido seleccionando accesiones o materiales, la mayoría provenientes de la mora de Castilla, los cuales han sido nombrados a partir de la zona de origen, vereda, municipio o con de nombres locales. De esta manera, se conocen materiales como: mora Pantanillo (de la vereda Pantanillo, en Envigado, Antioquia), Manzanares y Pácora (del departamento de Caldas), Santa Elena (corregimiento de Medellín), Guarne (Antioquia), Quinchía (Risaralda), francesa

(material seleccionado por la Universidad Católica de Oriente, procedente de una finca ubicada en la Ceja, Antioquia), entre otras.

De acuerdo con Escobar (1988), en algunas zonas de Colombia los campesinos han identificado ciertos materiales de mora de Castilla, que se conocen localmente como:

Mora pajarita

Se denomina comúnmente mora Pajarita a todas aquellas plantas que se encuentran por lo general en los bordes de los caminos o reductos de bosques primarios, entre los 1.200 y 3.000 m s. n. m.; por lo general son de baja producción y de difícil manejo. Tienen racimos ramificados de frutos pequeños y redondos, de color negro al madurar (figura 2.19), de sabor dulce y muy apetecidos por los campesinos donde la planta fructifica; aparentemente es una planta rústica y tolerante a plagas y enfermedades (Escobar, 1988).



Fotos: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 2.19. Racimo de mora pajarita.

Mora ranchona

Es una mora de Castilla con espinas, a la cual los agricultores le dan este nombre debido al exuberante crecimiento que tiene la planta (figura 2.20), semejante a un rancho o choza, lo que la hace difícil para su manejo (Escobar, 1988).

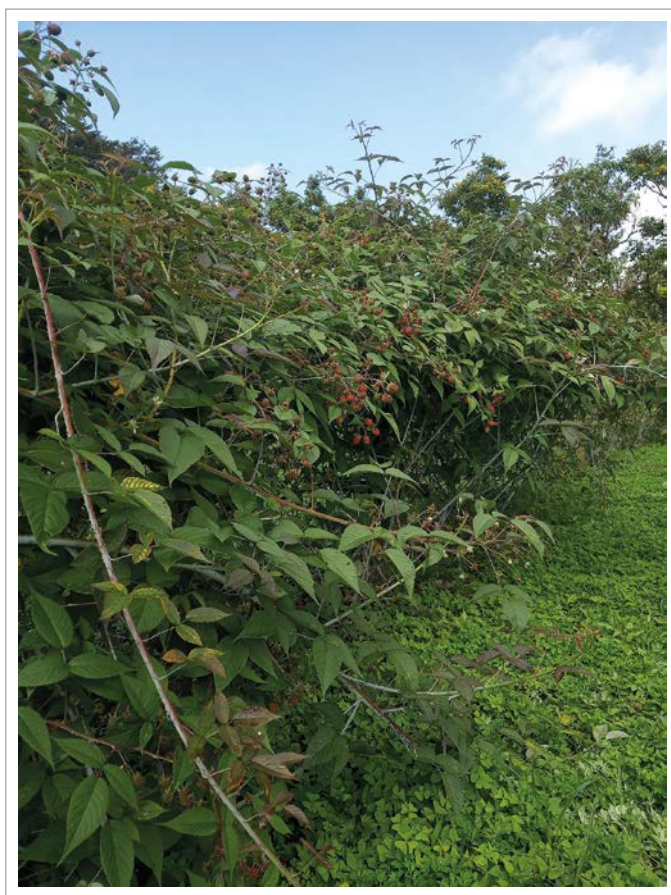


Foto: Germán Franco

Figura 2.20. Planta de mora de Castilla Ranchona.

Mora hartona

Planta de mora de Castilla poco ramificada, de frutos grandes y de buen rendimiento (8 a 12 kg/planta/año) (Escobar, 1988).

Morón

Denominación dada a la mora de Castilla en algunas zonas de los departamentos de Boyacá y Santander, debido a que en los cultivos locales son utilizadas moras más silvestres o zarzamoras, las cuales tienen un tamaño de fruto más pequeño. En algunas zonas productoras de Cundinamarca, se le denomina Morón a una mora de tamaño mayor a la mora de Castilla, que pertenece posiblemente a la especie *R. macrocarpus* y que se caracteriza por tener frutos muy grandes, de sabor astringente y muy ácido.

Además de los anteriores, los agricultores han denominado otros materiales de mora, de los cuales sobresalen los siguientes:

Mora San Antonio

La mora San Antonio se encontró por primera vez en el año de 1995 en predios del agricultor Rodrigo Echavarría, en el corregimiento San Antonio de Prado, Vereda El Llano, perteneciente al municipio de Medellín, a una altura de 2.180 m s. n. m. Posteriormente, Córdoba, Londoño y Bernal (1998), adelantaron un trabajo de investigación en el Centro de Investigación La Selva, de AGROSAVIA, donde se evaluaron diferentes materiales de mora como la mora San Antonio, mora de Castilla procedente de Guarne y de Santa Elena, y tres materiales foráneos denominados *Black Satin*, *Thornless Evergreen* y *Jumbo*. En esta investigación los mayores rendimientos se obtuvieron con el material San Antonio (15,83 t/ha/año), el cual mostró diferencias significativas con los materiales Santa Elena (5,11 t/ha/año) y Guarne (3,89 t/ha/año). La diferencia del material San Antonio se debe a la presencia de un número mayor de ramas productivas (figura 2.21a), mayor número de inflorescencias y frutos, que se distribuyen a lo largo de las ramas (figura 2.21b), así como baja o nula emisión de tallos vegetativos, además de una mayor precocidad en comparación con los otros dos materiales regionales. De acuerdo con los mismos autores, en información tomada durante 43 semanas, el cultivar San Antonio fue el más precoz, iniciando producción a los ocho meses después de la siembra, y se sostuvo como el de mayor rendimiento en once meses, en comparación con los otros dos materiales, los cuales iniciaron producción solo once meses después de la siembra.



Fotos: Germán Franco

Figura 2.21. Mora San Antonio. a. Planta con todas sus ramas productivas; b. Frutos distribuidos a lo largo de la rama.

Los frutos de la mora San Antonio pueden ser circulares, cónicos o elípticos, aunque predomina la forma redondeada (figura 2.22); son de tamaño variable y más pequeños que los de la mora de Castilla; su color va de rojo a púrpura, o rojo oscuro cuando maduran; presentan fructificación continua, aunque se observan picos de producción a intervalos de cinco a seis meses. El diámetro polar de la fruta se halla en un rango de 2 a 2,5 cm, el diámetro ecuatorial va de 2,1 a 2,5 cm y el peso es de 4,7 a 5 g por unidad. Los sólidos solubles de estos frutos fluctúan entre los 8 y 9 °Bx. En ensayos experimentales realizados por Corpoica, en el Eje Cafetero a 2.200 m s. n. m., durante un año de producción se obtuvieron rendimientos promedio de este material de 15,83 t/ha, lo cual duplica al promedio nacional. En el predio de un agricultor del municipio de El Retiro (Antioquia), vereda Pantalio, a 2.180 m s. n. m., en un año de producción de la mora San Antonio se obtuvieron 15 kg/planta/año lo que, a una distancia de 2,5 m entre surcos por 1,5 m entre plantas, significa un potencial productivo de hasta 40 t/ha (Bernal & Díaz, 2006).



Fotos: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 2.22. Fruto de mora San Antonio.

Mora de Castilla sin espinas, mora sin espinas o mora sin tunas

Según Clavijo y Pedraza (2004), de acuerdo con un relato de señor José Manuel Bedoya Orozco, la mora de Castilla sin espinas se encontró por primera vez en 1998 en la finca La María, vereda Canaán, municipio de Salento, departamento del Quindío, de propiedad de su familia. El sitio del hallazgo de una sola planta fue bajo la sombra de un guadual, en cercanías a la casa de la finca, a una altura de 1.760 m s. n. m. La observación inicial permitió esbozar algunas teorías muy campesinas, por cierto, sobre su posible aparición, adjudicándole el traslado de sus semillas “a unas mirlas patiamarillas que tenían su nido encima del guadual”. A partir de entonces, a través de una “diseminación espontánea” aparecieron plantas de moras de Castilla sin espinas en distintas zonas productoras del Eje Cafetero, que además de esta destacada e importante característica, presentaba una notable capacidad productiva pues se observa la emisión de un mayor número de ‘ramas hembras’ o ramas productivas (figura 2.23), en contraste con una disminución significativa de ‘ramas fuate’ o improproductivas. Este material cuenta con racimos y frutos de tamaño similar a la mora con espinas. En general, todas estas características convirtieron a la mora de Castilla sin espinas en una buena alternativa para las zonas moreras del país (Clavijo & Pedraza 2004; López, Marulanda, & López, 2009).



Foto: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 2.23. Proliferación de ramas productivas en mora sin espinas.

La mora sin espinas es una planta perenne, con porte arbustivo, semierecto, de tallos rastreros o semierguidos que forman macollas, en este sentido, el material objeto de caracterización presenta similitudes morfológicas con la mora de Castilla (*Rubus glaucus*). La característica principal de la mora sin espinas es la ausencia total de aguijones o espinas en toda la planta, en la que se evidencian vestigios en forma de pequeñas protuberancias perceptibles al tacto y acentuadas mayormente en los pecíolos de las hojas (figura 2.24). En la mora con espinas los aguijones se hallan distribuidos en toda la planta, lo que además de generar las dificultades para su manejo, se constituye en un punto susceptible a antracnosis o tuna negra. Por su parte, en la mora sin espinas se presentan aisladamente algunas vellosidades o pelos delgados difíciles de detectar a simple vista, los cuales están ausentes en la mora con espinas (Clavijo & Pedraza, 2004).



Foto: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 2.24. Vestigios de los aguijones en mora sin espinas.

De acuerdo con observaciones realizadas por Clavijo y Pedraza (2004), la mora sin espinas produce un macollamiento 15 a 20 % superior al de la mora con espinas, con aproximadamente un 98 % de ramas productivas, lo que hace que el material sea alrededor del 30 % más productivo frente a la mora con espinas.

El tamaño de la fruta de este material alcanza longitudes de hasta 3,5 cm y diámetros de hasta 2,3 cm; el peso del fruto es de 6,1 a 7,8 g, similar o ligeramente mayor al de la mora con espinas. Los frutos son principalmente de forma cónica (figura 2.25). La semilla es de forma cuneiforme (Clavijo & Pedraza, 2004), de superficie reticulada, y mide entre 4 y 6 mm de largo por 2 mm de ancho. En la mora sin espinas se encontraron 134-150 drupas por fruto.

En la zona cafetera los periodos pico de producción son de enero a febrero y de julio a agosto, con ligeras variaciones que dependen de los periodos de lluvia. Por lo general, se obtienen rendimientos de hasta 15 t/ha (Clavijo & Pedraza, 2004).



Foto: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 2.25. Frutos de mora sin espinas.

Condiciones climáticas y de suelos

La mora en Colombia se desarrolla en clima frío; es sensible a las heladas que ocasionan la quemazón de los tallos o anulan la producción de frutos si se presentan en periodos de floración o al inicio de la fructificación, por ello se debe conocer muy bien el microclima de la zona donde se va a establecer el cultivo.

Radiación solar

La radiación solar influye marcadamente sobre el crecimiento y desarrollo de la planta, principalmente por su efecto sobre la fotosíntesis que determina la síntesis de los carbohidratos y la producción de biomasa de los cultivos. La duración, intensidad y calidad de la luz están dentro de los factores climáticos más importantes para determinar la calidad del fruto, pues la alta luminosidad favorece el color porque promueve la mayor síntesis de los pigmentos antociánicos (rojos), mejora el índice refractométrico (°Bx) elevando el contenido de sólidos solubles; además, aumenta el contenido de ácido ascórbico (Kader, 2011). En zonas altas, donde la radiación solar es mayor, la calidad del fruto es superior, respecto a su coloración y al aspecto sanitario (menos alteraciones por fisiopatías) (Fischer, 2000). Por el contrario, las radiaciones solares altas prolongadas y acompañadas por un periodo seco, causan quemaduras (golpe de sol) sobre los frutos (Fischer, 2000). En hojas y tallos de mora se han observado mecanismos de resistencia a la incidencia de los rayos solares, con la presencia de las antocianinas y los fenoles que actúan como filtros contra la radiación ultravioleta; por lo anterior, es frecuente observar coloraciones moradas o violetas intensas en los tallos expuestos a la radiación solar directa, como mecanismo de protección, lo que puede ser confundido con enfermedades o deficiencias nutricionales.

La mora tiene bajo punto de compensación lumínica para realizar procesos de fotosíntesis y transformación. Se considera que 1.200 a 1.600 horas de brillo solar/año son adecuadas a medida que se incrementan los requerimientos hídricos y nutricionales (Erazo, 1988). La incidencia lumínica diaria está afectada por las nubes y las lluvias fuertes, y esta a su vez determina la intensidad del proceso fotosintético.

Altitud

La mora crece en un amplio rango de alturas. En Colombia puede encontrarse creciendo tanto en forma silvestre como cultivada; se localiza en la región Andina, donde se desarrolla entre los 1.400 y 3.200 m s. n. m. A pesar de que se desconocen las condiciones óptimas para su cultivo, los mayores rendimientos de la mora se han obtenido entre los 1.800 y 2.500 m s. n. m. Por encima de los 2.500 m s. n. m. se presentan condiciones limitantes que disminuyen los rendimientos, la calidad y el tamaño de los frutos (Cortés & Ruiz, 1978; Federación Nacional de Cafeteros [FNC], 1992; Franco & Giraldo, 2001).

Temperatura

En Colombia se encuentran cultivos de mora en zonas con temperaturas que oscilan entre los 14 °C y 18 °C. En regiones muy frías, de 10 a 12 °C, el fruto es pequeño, debido a que en estos pisos térmicos no hay las unidades de calor suficientes que permitan un desarrollo mayor y más rápido del fruto (Erazo, 1988). La temperatura óptima está comprendida entre los 12 y 19 °C (Cortés & Ruiz, 1978; FNC, 1992).

Otro factor de importancia que afecta el cultivo son las heladas, las cuales son muy comunes a alturas superiores de los 2.400 m s. n. m., que ocasionan quemazón de los tallos, para lo que luego se requiere de fuertes podas a nivel del suelo (FNC, 1992).

Humedad relativa

En general, la humedad relativa influye sobre la temperatura del aire, la presencia de vientos, nieblas y lloviznas, y disminuye la insolación. La alta humedad relativa dificulta la transpiración adecuada de la planta, lo que origina una deficiente absorción de nutrientes, la hace más susceptible al ataque de enfermedades y disminuye el efecto de los productos para su manejo. Además, en periodos de floración dificulta la transferencia del polen y el vuelo de los polinizadores. En zonas con humedades relativas altas es recomendable ampliar las densidades de siembra, con el fin de garantizar una buena aireación en el cultivo; además es necesario realizar podas de aclareo, mantenimiento o podas sanitarias. Contrariamente, humedades relativas muy bajas (40 %) acompañadas por vientos cálidos pueden originar una fuerte marchitez de flores, deshidratación y cese de la fotosíntesis, por el cierre de los estomas y la muerte de brotes tiernos (Fischer, 2000).

La humedad relativa está en función de la temperatura y en estrecha relación con la precipitación. En zonas donde la humedad relativa es del 70 al 80 %, la mora crece en buenas condiciones. Cuando los valores son superiores al 80 % perjudican el desarrollo normal del cultivo, ya que favorecen la incidencia de enfermedades que pueden afectar significativamente la producción (FNC, 1992; Franco & Giraldo, 2001).

Precipitación

La importancia ecológica del agua se debe a su papel fisiológico en la planta, ya que su actividad metabólica está estrechamente relacionada con su contenido hídrico

(Kramer, 1989). Un ejemplo es el coeficiente de fotosíntesis que se reduce invariablemente al disminuir el agua en la planta. En especies como la mora, en las cuales la floración y la fructificación ocurren durante todo el año, la precipitación debe estar bien distribuida. Periodos secos en épocas críticas (brotación de yemas florales, floración, fecundación, cuajado y llenado de frutos) causan disminución en el tamaño y aumento de la caída de los frutos (Fischer, 2000). Sin embargo, la lluvia debe ser mínima durante el periodo de floración, teniendo en cuenta que cuando el polen es mojado por el agua libre se revienta y pierde su función. Al respecto, Bautista (1977) reporta que hay una reducción en la producción de moras por planta al mes siguiente en el cual la precipitación fue menor a 100 mm o mayor a 350 mm. El mismo autor menciona que el exceso de humedad en el suelo, debido a lluvias o riego durante el proceso de fructificación, se reconoce como un factor desfavorable para la acumulación de sólidos solubles; de hecho, durante las épocas lluviosas los frutos de mora son menos dulces que los cosechados en épocas más secas, debido a que los sólidos solubles se encuentran menos concentrados.

En mora, cuando se presentan periodos secos o cuando el suelo muestra baja retención de humedad, la planta se resiente, lo que implica que esta necesita de un permanente suministro de agua. En condiciones del trópico, en particular de los Andes suramericanos, el suministro de agua debe ser del orden de los 1.500 (mínimo) a 3.500 mm/año (máximo); las zonas cultivadas tienen precipitaciones entre los 1.500 y 2.500 mm anuales (Franco & Giraldo, 2001).

A pesar de esto, es más importante una buena distribución de las lluvias que el volumen total al año, pues la evapotranspiración juega un papel importante en esos volúmenes. Además, las propiedades físicas del suelo también intervienen en asegurar un crecimiento rápido y continuo de la planta. La producción de fruta es permanente y de mayor calidad cuando la distribución de lluvias es uniforme; sin embargo, los periodos de menor lluvia coinciden con las épocas de producción (Franco & Giraldo, 2001).

Riego

En el cultivo de la mora en Colombia no es muy utilizado el riego, puesto que la zona Andina, donde están establecidos la mayoría de los cultivos de mora en el país, posee condiciones en las cuales el régimen de lluvia permite que las plantas logren sobrevivir en las épocas de verano, con producciones aceptables, aunque con reducción en la productividad. Además, la implementación del sistema incrementa los costos de producción y no permite su viabilidad económica.

La planta puede soportar periodos relativamente prolongados de sequía; sin embargo, una suspensión intempestiva en el suministro de agua puede disminuir en forma considerable la producción y el tamaño de la fruta. Gallardo y Cuadra (2009) encontraron en plantas de este género, en pleno crecimiento, requerimientos de 25,4 mm de agua/semana; cuando se presentan épocas de sequía y frutos en pleno crecimiento, este requerimiento es aún mayor.

Para conseguir la máxima producción en el cultivo es necesario mantener una buena humedad en el suelo. El riego por microaspersión y el sistema por goteo, colocados a baja altura, son los sistemas que podrían utilizarse. Lo más importante es la regularidad en el riego, ya que, como resultado de un adecuado suministro, se obtienen plantas con ramas de mayor grosor, frutos más grandes y, por ende, plantas de mayor producción. Existen muchos factores que afectan las necesidades de riego en el cultivo, entre los cuales se destacan la capacidad de retención de agua del suelo, las condiciones climáticas y el estado fenológico de la planta. Es así como los suelos arcillosos y pesados permiten la conservación del agua abastecida tres veces más a 30 cm de profundidad, que suelos arenosos, livianos y poco profundos, los cuales requieren regarse con más frecuencia con pocas cantidades de agua. Además, se debe considerar que el agua en exceso puede inducir asfixia radical, desarrollo de hongos y pudrición de las raíces (Gallardo & Cuadra, 2009).

Viento

Diversos factores ambientales provocan estrés en las plantas, dentro de estos el viento es el principal agente, ya que potencialmente provoca cambios fisiológicos o morfológicos, causando un estrés mecánico. Como respuesta a este factor, las plantas para evitar fallas estructurales pueden adoptar mecanismos de redistribución de los fotoasimilados, o pueden mostrar variaciones en el balance osmótico para evitar la deshidratación (Schulze, Beck, & Müller-Hohenstein, 2005). Así mismo, las plantas sometidas a vientos fuertes sufren daños considerables y de importancia económica. Por ejemplo, una acelerada desecación del follaje o del hipocótilo se observa como efecto de fuertes corrientes de viento; además, las plantas suelen presentar daños en el follaje, rompimiento de tallos y ramas, volcarse o morir (Fischer, 2000).

Los vientos fuertes en el cultivo de la mora, especialmente en la época de producción, ocasionan caída de flores y frutos y desgarre de ramas. Es aconsejable entonces, ubicar los cultivos en zonas donde el viento no afecte directamente las plantas, estableciendo los surcos del cultivo en la misma dirección del viento, con el fin de mitigar el impacto

de este sobre las plantas. El cultivo de la mora establecido en zonas de vientos fuertes presenta limitantes de producción y rendimiento, lo que hace imprescindible la instalación de barreras rompevientos o un manejo de las distancias de siembra, de tal forma que las plantas se protejan unas con otras, para reducir las variaciones fisiológicas y morfológicas en estas. Con esto no solo se disminuirán los efectos dañinos del viento, sino que mejorará el rendimiento y la calidad del cultivo, creando un clima favorable para su desarrollo (Casierra-Posada & Aguilar-Avendaño, 2008).

Granizo

Las granizadas se producen esporádicamente y suelen ocurrir en épocas de verano, después de fuertes calores y ambiente en calma. Las granizadas causan una serie de heridas por impacto sobre tallos (figura 2.26a), hojas, flores, brotes y frutos (figura 2.26b); los efectos oscilan entre pequeñas heridas y defoliación parcial o total y caída completa de frutos. Ello depende del tamaño de los trozos de hielo, de la velocidad de caída y de la duración del fenómeno (Kays, 1999). Después de una granizada existe un severo riesgo de enfermedades fungosas y bacterianas como consecuencia del gran número de heridas y el alto nivel de humedad, posterior a las tormentas (Fischer, 2000). En algunas zonas productoras de mora en Antioquia, especialmente aquellas por encima de los 2.400 m s. n. m., donde se presentan granizadas periódicas, se han establecido cultivos bajo mallas antigranizo de color blanco, cuyas principales funciones son las de proteger el cultivo y filtrar el agua y los rayos del sol; sin embargo, bajo este sistema los costos de producción se incrementan.



Fotos: Jorge Alonso Bernal Estrada
y Germán Franco

Figura 2.26. Daño por granizo. a. Sobre tallos de mora; b. Decoloraciones en drupas por impacto del granizo.

Zonas de vida

Según Holdridge (1967), citado por Espinal (1986):

Una zona de vida es un grupo de asociaciones vegetales dentro de una división natural del clima, en las cuales se han tomado en cuenta las condiciones y etapas de sucesión y las cuales tienen una fisonomía similar en cualquier parte del mundo (p. 1).

El cultivo de la mora en Colombia se ha observado en las siguientes zonas de vida: bosque seco montano bajo (bs-MB), bosque húmedo montano bajo (bh-MB), bosque seco premontano (bs-PM) y bosque húmedo premontano (bh-PM).

Requerimientos edáficos

La mora de Castilla se desarrolla mejor en suelos francos, franco-arenosos y franco-arcillosos, de modo que permita una adecuada reserva de agua y el exceso sea evacuado fácilmente, para lo cual es necesario construir canales de drenaje. Un suelo apropiado debe contener altos niveles de materia orgánica, fósforo y potasio, con una buena relación Ca: Mg: K de 2: 1: 1, respectivamente, ya que junto con el boro son los responsables de una mayor o menor resistencia a las enfermedades. Deben presentar buen drenaje tanto interno como externo, ya que es una planta altamente susceptible al encharcamiento. Se adapta bien a pH ácido entre 5,2 y 6,7 siendo 5,7 el óptimo (Cortés & Ruiz, 1978).

El recurso hídrico debe ser suficiente, así como los contenidos de materia orgánica; los suelos no deben ser exageradamente arcillosos, como para encharcarse, ni tan arenosos que no permitan su disponibilidad para las plantas. Los frutos obtenidos en épocas de insuficiencia hídrica son de mala calidad, con poco desarrollo, de un color poco agradable y menos dulces. En zonas de alta pluviosidad se prefieren suelos con un 5 a un 25 % de pendiente, en zonas de menor pluviosidad se cultiva en suelos planos o de pendiente ligera (0 a 5 %); la profundidad efectiva debe ser 1 m o más (Franco et al., 1996a)

Sistemas de propagación

Propagar es producir plantas seleccionadas, con el fin de aprovechar sus características más importantes, tales como: alta producción, sanidad, tamaño y calidad de fruta,

entre otras. En lo que se refiere a los frutales (y en general, a la gran mayoría de las plantas cultivadas), su multiplicación es básicamente de dos formas: sexual –por medio de semillas– y asexual –por medio de partes de la misma planta–. Estas partes pueden ser renuevos o hijos, esquejes o estacas, rizomas, acodos (rastreros, en suelo o aéreos), pueden ser injertos; también se utiliza la técnica de cultivos *in vitro* de propagación masiva de plantas, en la cual se usan meristemos, explantes de hojas, granos de polen, embriones somáticos, entre otros. La mora se puede propagar sexual o asexualmente, pero el método más recomendado comercialmente es el asexual, por ser hasta ahora el más económico y de mejores resultados.

Selección de las plantas madres para la propagación

Antes de proceder a la propagación de la mora es necesario conocer muy bien la procedencia del material y el método de propagación a utilizar. Para ello, se deben seleccionar “plantas madres” de las que se va a extraer el material de propagación. Para la selección de estas, es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos: la variedad o tipo de mora que se va a propagar, el aspecto fitosanitario de las plantas, la producción y la calidad de la fruta producida, la identificación de la(s) variedad(es) o material(es), entre otros.

Propagación sexual

En la naturaleza, las plantas que se multiplican por semilla muestran una marcada tendencia a la variación. Cuando estas se propagan solamente por semilla, se logra su mejoramiento en forma paulatina; cuando se emplea la multiplicación vegetativa, tal como se utiliza actualmente en mora (acodos de punta), pueden perpetuarse las características deseables de un determinado individuo en forma rápida y masiva.

Avilán, Leal y Bautista (1992) mencionan que la semilla de mora presenta alto grado de apomixis, lo cual hace que las plantas propagadas por semilla sean básicamente clones de la planta madre. No obstante, las plantas apomícticas, desde el punto de vista evolutivo, carecen de las ventajas adaptativas que brinda la reproducción sexual; esta condición (apomixis) da la posibilidad de fijar genotipos altamente adaptados a su ambiente, en forma indefnida (Asker & Jerling, 1992; Whitton, Sears, Baack, & Otto, 2008).

Por lo anterior, se puede reevaluar el criterio de que la reproducción sexual de la mora no es recomendable. Los autores consideran que es una muy buena alternativa de

propagación, ya que se pueden producir plantas clonadas a través de la reproducción sexual, en forma rápida, masiva y a muy bajo costo. Sin embargo, existen limitaciones, pues el tiempo que transcurre entre la germinación y la siembra en campo es extenso (Angulo, 2003) y, además, las plantas tardan al menos dos meses más en entrar a producir que aquellas obtenidas a través de acodos de punta (sistema tradicional vegetativo). De otra parte, los agricultores que propagan mora por semilla aún no tienen claro que esta posee latencia de tipo físico, la cual ocasiona que la germinación tarde hasta tres meses, lo que dificulta el proceso de propagación y entrega de material de siembra. Dicho inconveniente puede ser subsanado y el factor deja de ser una limitante.

En ese sentido, Díaz (2011) encontró que la semilla de mora germina más rápidamente que por medios convencionales, si se somete a un tratamiento para romper su latencia, el cual consiste en sumergirla en hipoclorito de sodio comercial (5,25 %), durante 18 horas; posteriormente la semilla se lava con agua corriente y se siembra. Con ello se logran germinaciones en promedio del 80 %, en los primeros treinta días después de la siembra.

Desde hace unos años, en algunas zonas productoras de mora del país, se han venido reproduciendo plantas por semilla sexual, estableciéndose huertos con material obtenido a partir de dicho sistema, con buenos resultados. Lo que se ha observado en dichos huertos es que los individuos son idénticos o muy similares a aquellos de donde proceden las semillas y, además, mantienen sus características varietales, presentando un muy bajo porcentaje de plantas segregantes. Sin embargo, en algunos casos, se ha observado la presencia de plantas poco productivas o diferentes en su fenotipo al material propagado; lo anterior, debido a la no implementación de protocolos de multiplicación recomendados y a la carencia del huerto madre.

El proceso sexual de propagación de la mora exige una serie de labores que garanticen que tanto la semilla como las plántulas obtenidas cumplan con calidad genética, fisiológica y sanitaria necesaria para lograr un material de siembra en óptimas condiciones. Se debe contar con un huerto madre para la obtención de la semilla, el cual consiste en el establecimiento de un grupo de al menos 25 plantas aisladas, de las que se seleccionan las seis plantas internas de donde se obtiene la fruta para semilla. De esta forma se garantiza que la fruta obtenida es producto de una polinización cerrada del genotipo deseado. Igualmente, el manejo sanitario del huerto debe cumplir con todas las normas establecidas para esto (Instituto Colombiano Agropecuario [ICA], 2011).

Una vez se tenga el huerto para la propagación por semilla, se debe partir de una buena selección, la cual consiste en empezar por una adecuada recolección de los frutos (que sean sanos, de buen tamaño, completamente maduros, de coloración uniforme, libres de plagas y enfermedades), que procedan de plantas vigorosas, sanas, bien desarrolladas (figura 2.27), reconocidas por su alto rendimiento y que lleven al menos un año de producción. En vista de que la semilla de mora acumula reservas para la germinación hasta el momento de la madurez completa del fruto, el mayor porcentaje de germinación se obtendrá con semillas extraídas de frutos en completa maduración, lo cual ocurre entre las diez y las doce semanas (70 a 84 días) después de la apertura de la flor (Bernal & Díaz, 2006).



Foto: Germán Franco

Figura 2.27. Plantas de mora aptas para la obtención de semilla sexual.

Luego de seleccionar los frutos para la semilla se procede a la extracción de esta. Existen varios métodos: mecánicos, químicos y por fermentación natural; la finalidad de estos procesos es separar la semilla del mucílago o sustancia gelatinosa (arilo), que la rodea y que dificulta su manejo, impidiendo además que germine en forma adecuada. Entre los métodos, sobresale el de fermentación por ser el más barato, confiable y por tener la ventaja de eliminar ciertas enfermedades transmisibles presentes en la capa externa de la semilla, como son principalmente las producidas por hongos y bacterias (Bernal & Díaz, 2006). Además, como ya se explicó anteriormente, el tratamiento de escarificación química es necesario para reducir el tiempo de germinación.

Para la extracción de la semilla por fermentación se procede a desmenuzar o macerar la fruta (figura 2.28); después se toma la pulpa con la semilla y se deposita en un recipiente de plástico o de vidrio, en un lugar fresco. Las semillas se someten a un proceso de fermentación durante 48 a 72 horas, agitando cada doce horas para promover la aireación de la masa y acelerar el proceso de fermentación, y así facilitar la eliminación del mucílago. Al cabo de ese tiempo se forma un hongo blanco (*Saccharomyces*), el cual indica que el proceso de fermentación ocurrió (figura 2.29). Una vez se ha completado este proceso se procede al lavado de las semillas, utilizando para ello un cedazo o colador (figura 2.30a), y luego se realiza el secado de estas sobre un papel absorbente (figura 2.30b) y a la sombra. La semilla recién lavada es de color carmelita, no requiere periodo de reposo y puede usarse inmediatamente después de la extracción (Bernal & Díaz, 2006).



Foto: Cipriano Arturo Díaz Díez

Figura 2.28. Macerado de la fruta para la obtención de semillas de mora.



Foto: Cipriano Arturo Díaz Díez

Figura 2.29. Crecimiento blanquecino que indica la presencia del hongo *Saccharomyces*, responsable de la fermentación.



Fotos Cipriano Arturo Díaz Díez

Figura 2.30. Pasos posteriores a la fermentación. a. Lavado; b. Secado.

En términos generales, se estima que son necesarios 1.200 g de moras (150 frutos de 8 g), para establecer una hectárea de cultivo; 1,2 kg de moras tienen alrededor de 18.000 semillas (120 semillas/fruto, en promedio), si se asume un porcentaje de germinación del 10 % se obtendrían 1.800 plántulas, si de estas se descarta el 15 % para solo dejar las más vigorosas, sanas y de mejor desarrollo, quedan 1.565 plantas, suficientes para la siembra de una hectárea, con una densidad de 1.333 plantas/ha, a una distancia de siembra de $2,5 \times 3,0$ m en cuadro, el 17 % de las plantas restantes se utilizan para resiembras. En el caso de la mora San Antonio, para establecer la misma área, serían necesarios 1,5 kg de frutos, para sembrar 1.666 plantas, a una distancia de $2,0 \times 3,0$ m (Bernal & Díaz, 2006).

Semilleros

Son áreas preparadas para la siembra y mantenimiento del material vegetal de mora, bien sea de semilla sexual o asexual, durante un tiempo prudencial antes de su siembra en el sitio definitivo. Estas áreas deben ser de fácil acceso, con disponibilidad para el riego, protegidas contra el ingreso de animales.

Desinfección del suelo

El sustrato más adecuado para la germinación está compuesto por una mezcla de dos partes del suelo de textura media, una parte de materia orgánica bien descompuesta o compostada, y una parte de arena para mejorar el drenaje (figura 2.31). Los sustratos empleados en todas las etapas de propagación, tanto sexual como asexual, deben ser desinfectados para evitar problemas fitopatológicos que puedan afectar las plantas en el sitio definitivo de siembra y disminuir el riesgo de transportar plagas y enfermedades de un lugar a otro.



Foto: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 2.31. Aspecto de un sustrato para la siembra de semilla de mora.

Los sustratos para la siembra pueden desinfectarse química o físicamente; un producto químico comúnmente utilizado en esta labor es el Dazomet 98 %, para lo cual es necesario tener en cuenta, previo a la siembra, el tiempo de desinfección, el volumen del producto utilizado y la apropiada ventilación. Este producto es un desinfectante de amplio espectro, con efectos herbicidas, fungicidas y nematocidas de grandes efectos en la esterilización de sustratos de siembra. Existe un método físico de desinfección del suelo denominado solarización, el cual es más económico, más sencillo y limpio (Bernal & Díaz, 2014). Este proceso hidrotérmico, mediante el uso del agua y la energía solar (radiación), permite la desinfección del suelo (Gómez, Guerra, Jaramillo & Bernal, 2000), para ello, se humedece el sustrato completamente (figura 2.32a) luego se cubre con un plástico calibre seis herméticamente (figuras 2.32b y 2.32c). Con dicha labor se consigue aumentar la temperatura en los primeros 20 cm del suelo, por lo tanto, la altura del suelo a solarizar no debe superar esa medida (figura 2.33); cabe anotar que el polietileno negro no muestra los mismos resultados que el transparente, por lo cual no es recomendable (Mesa & Rivera, 1996; Bernal & Díaz, 2014).



Fotos: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 2.32. Desinfección física del suelo mediante solarización. a. Humedecimiento del sustrato; b. Cubrimiento de la cama; c. Sustrato cubierto herméticamente.



Foto: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 2.33. Altura de la cama para la solarización.

Dependiendo de las zonas y las condiciones ambientales, para una adecuada solarización se requieren entre 30 y 45 días, con lo cual se asegura la muerte de patógenos y de algunas semillas de arvenses no deseadas en los cultivos. Una vez se desinfecta el sustrato (suelo), este se utiliza para la preparación de semilleros y almácigos (Mesa & Rivera, 1996; Bernal & Díaz, 2014).

Con el sustrato (suelo) desinfectado, se procede a la construcción de los semilleros, los cuales, en mora, pueden ser cajones de madera (de 10 cm de profundidad), germinadores plásticos con tapa (de 5 cm de profundidad) (figura 2.34a) o bandejas plásticas, conocidas también como bandejas para producción de plantas en confinamiento (de 5 a 8 cm de profundidad) (figura 2.34b), o se puede sembrar directamente en eras construidas en el suelo. Sin embargo, el método más adecuado para esta práctica consiste en la construcción de camas en el suelo o por encima de este. Los semilleros se deben ubicar en sitios planos, en lo posible retirados del cultivo (para evitar contaminaciones con plagas y enfermedades), con buen drenaje, cerca de fuentes de agua que permitan el riego; además, se deben proteger contra la acción directa del viento, el sol y los animales. Los semilleros que se construyen directamente en el suelo normalmente miden 20 cm de alto, 1,20 cm de ancho y el largo necesario (figura 2.35).



Fotos: Cipriano Arturo Díaz Díez

Figura 2.34. Germinadores para la siembra de semilla de mora. a. Bandejas plásticas con tapa; b. Bandejas con alvéolos.



Foto: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 2.35. Semilleros construidos en el suelo para la siembra de semilla de mora.

Siembra de la semilla

Para la siembra de la semilla es necesario usar sustratos finos, sin la presencia de terrones; esta no se debe enterrar, por lo que se aconseja depositarla en hileras sobre el sustrato, con un espaciamiento de 5 cm, en el que se depositan 300 a 400 semillas por metro lineal y luego, manualmente, se debe cubrir con una capa delgada del mismo sustrato, a fin de evitar pérdidas por el viento, el agua y los animales (figura 2.36). Cabe anotar que el tamaño de la semilla de mora no permite que esta sea enterrada, ya que, a pesar de que puede germinar, no emerge del suelo (Bernal & Díaz, 2006).



Foto: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 2.36. Semillero con un sustrato suelto apto para siembra de semillas de mora.

Una vez se tiene sembrada la semilla, se procede a cubrir el semillero con helecho o pasto seco para protegerlo de la radiación solar, mantener la humedad del semillero y controlar la temperatura de este; además, se debe aplicar riego con frecuencia (diariamente en épocas de verano). Es necesario revisar periódicamente el semillero y cuando se inicie la germinación (en 30 días aproximadamente), se debe retirar la cobertura. La temperatura óptima de germinación oscila entre los 17 y 21 °C, por debajo de 16 °C o por encima de 30 °C la germinación se reduce considerablemente. En mora se ha observado que, además de la latencia de la semilla que ocasiona un periodo de germinación tan largo, el porcentaje de germinación es bajo, alrededor de un 10 %, lo cual implica la siembra de un gran número de semillas para obtener plantas adecuadas (Díaz, 2011).

Selección de plántulas y trasplante al vivero

Para seleccionar las mejores plantas, es decir, las más vigorosas, sanas y bien formadas, se realiza descarte de al menos un 15 % de las mismas, 30 a 45 días después de la germinación cuando la planta haya alcanzado una altura de 1 a 2 cm. Las plántulas se trasladan a bolsas plásticas cuando tengan una altura de 3 a 4 cm en el semillero y más de dos hojas verdaderas (Díaz, 2011) (figura 2.37). Para facilitar el trasplante a bolsa se humedece previamente el semillero. En el proceso de trasplantación se debe utilizar una pequeña herramienta que no cause daño a las plántulas, con la cual se saca una porción de suelo que contiene varias de ellas; a continuación, manualmente, se separan las que tienen un buen sistema radical,

el que se caracteriza por tener una raíz pivotante, larga, recta, sana y formada completamente con raíces secundarias. Hay que tener cuidado de no cortar o herir las raíces. Con un ahoyador (palo cilíndrico, provisto de punta) de 1 cm de diámetro, se hacen hoyos de aproximadamente 3 cm de profundidad, en los que se introduce la raíz de la plántula, procurando que la raíces queden bien distribuidas y que el cuello de la plántula quede a nivel de la superficie del suelo. Una vez sembradas las plántulas en bolsas, estas se llevan al vivero, en condiciones protegidas (polisombra), para su endurecimiento (Bernal & Díaz, 2005).



Foto: Cipriano Arturo Díaz Díez

Figura 2.37. Extracción de plántulas del semillero para su posterior trasplante a bolsas de almácigo.

Se deben utilizar bolsas de polietileno negro, de calibre 4, de una dimensión aproximada de 10 cm de alto por 6 cm de diámetro, perforadas de la mitad hacia la base, con una capacidad aproximada de 600 g (figura 2.38). El vivero o almácigo, sitio donde permanecen las plantas hasta el trasplante, debe estar protegido de vientos fuertes, lluvias constantes y de la luz directa del sol (figura 2.39), ya que esta última puede ocasionar su deshidratación o quemaduras en las hojas. Se debe tener disponibilidad de agua para mantener los almácigos húmedos, pero no encharcados (riegos cada tres días) y libre de plantas nocivas; el vivero también debe ubicarse alejado de focos de contaminación por agroquímicos y animales (Bernal & Díaz, 2005).



Foto: Cipriano Arturo Díaz Díez

Figura 2.38. Plántula de mora en bolsa de almácigo.

Foto: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 2.39. Vivero o almácigo para la mora propagada por semilla.

Para la construcción de los viveros pueden emplearse desde plásticos transparentes calibre 6 y maderas inmunizadas, hasta materiales de la región y maderas rústicas, lo cual disminuye los costos de instalación y brinda protección a las plantas. En épocas secas y en regiones con altas temperaturas puede resultar necesaria la utilización de telas polisombra, para disminuir el efecto dañino de los rayos solares sobre las plantas. Se debe hacer una vigilancia, seguimiento y manejo riguroso de los problemas sanitarios. Las plantas pueden permanecer hasta por tres meses en el invernadero, por lo tanto deben brindarse las mejores condiciones para obtener un material de siembra de excelente calidad y con un buen desarrollo (Bernal & Díaz, 2005).

Propagación asexual o vegetativa

Este método de propagación consiste en obtener plantas para la siembra a partir de trozos de tejido vegetativo, tomado de plantas madres seleccionadas por sus características sobresalientes. Con la propagación asexual se obtienen plantas idénticas (clones) a las plantas madres seleccionadas; además, el periodo productivo se inicia más rápido (precocidad) y la etapa de establecimiento de los cultivos puede ser más corta (Bernal & Díaz, 2005).

La propagación asexual de la mora es la más empleada, debido principalmente a que las plantas obtenidas por semilla tardan demasiado tiempo en germinar y pueden presentar heterocigosis. Es de anotar que para esta especie se emplean diferentes métodos de propagación asexual, tales como acodo de punta, acodo de ramas jóvenes, estacas, estaca modificada, cepa e *in vitro*, entre otros, siendo el primero el más utilizado en mora (Bernal & Díaz, 2005).

Para la multiplicación asexual de la mora es necesario conocer la procedencia y la forma de propagación a utilizar. Para ello se tienen que seleccionar plantas madres, de las cuales se van a extraer las partes vegetativas para la propagación. En la selección de dichas plantas se deben considerar los siguientes aspectos: la variedad o material de mora que se va a propagar, el estado fitosanitario de las plantas, la producción y calidad de la fruta, la productividad y la edad de las plantas, entre otros (Franco & Giraldo, 2001).

Tipos de ramas en mora

Para entender cuáles son las partes de la planta que se utilizan para la propagación vegetativa en mora, es necesario conocer los tipos de ramas que la planta emite y de esta manera utilizar el método más apropiado. Esta información será necesaria cuando en este capítulo se mencione el tema de podas.

Ramas látigo (fuetes)

Son ramas muy delgadas, de origen vegetativo (improductivas), poco lignificadas, con hojas pequeñas, escasas y atrofiadas (figura 2.40). Crecen horizontalmente buscando el suelo y con tendencia a enterrarse. Estas ramas se deben eliminar desde su punto de origen, ya que generan mayor humedad en el cultivo, lo cual aumenta la incidencia de plagas y enfermedades y pueden ser foco de infección; además, compiten por nutrientes y energía con las demás ramas de la planta (Franco et al., 1996a).



Foto: Germán Franco

Figura 2.40. Ramas látigo de plantas de mora.

Ramas vegetativas o machos

Son ramas de grosor variable, que se conocen porque su terminal o punta tiene las hojas cerradas (ángulo de inserción de la hoja sobre el tallo), las hojas ya abiertas tienden a girar sobre el eje del tallo y dirigirse hacia el mismo lado (figura 2.41); este tipo de ramas crecen inicialmente en forma vertical y luego, por su propio peso, se doblan (agobian) hacia abajo al alcanzar determinada altura. Se pueden observar dos tipos de ramas macho: la rama macho productiva y la rama macho improductiva. La primera es aquella que al agobiarse produce en sus yemas brotes secundarios productivos; cuando se observe esta situación se debe podar en un punto semileñoso, cerca del sitio de agobio (figura 2.42a), teniendo cuidado de dejar la mayor cantidad de brotes productivos; si la poda se realiza en un sitio juvenil de la rama, se inducirá la formación de ramas tipo látigo (figura 2.42b). Por su parte, la rama macho improductiva tiene las mismas características que la anterior, pero al agobiarse no produce crecimiento de brotes laterales (figura 2.42c); esta rama se poda desde la base.



Fotos: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 2.41. Rama macho en planta de mora.

Fotos: Germán Franco

Figura 2.42. Poda de rama macho. a. Sitio de poda de una “rama macho productiva” (se observan en ella los brotes laterales en crecimiento); b. Emisión de ramas látigo por la poda de la rama macho en un punto de crecimiento juvenil; c. Detalle de una “rama macho improductiva” (se observa que al agobiarse no produce brotes laterales productivos).

Si la planta presenta muy buenas características en cuanto a producción y sanidad, deben protegerse las “ramas macho productivas” para emplearlas como semilla vegetativa, bien sea para realizar los acodos de punta, como para su reproducción por estacas (Franco et al., 1996a; Franco & Giraldo, 2001).

Ramas productivas o hembras

Las ramas productivas o hembras son de grosor variable, en un rango intermedio entre látigos y machos. Estas ramas pueden tener varios orígenes, por ejemplo: las ramas productivas primarias que se originan en la base de la planta, su crecimiento es vertical y siempre tienen en sus terminales las hojas abiertas (figura 2.43a); las ramas productivas secundarias, las cuales se producen a partir de la estimulación de las yemas en las ramas macho y hembras, luego de cosecharlas se pueden emplear en la propagación por estacas; y las ramas productivas terciarias, que se originan a partir de las ramas secundarias, son generalmente delgadas y no se utilizan en la propagación (Franco et al., 1996a).

Dentro de las ramas hembra que produce la planta hay una que proviene de la parte basal, la cual se distingue por ser muy gruesa, vigorosa y con abundantes espinas; estas ramas productivas primarias florecen generalmente casi en su totalidad, a una altura ligeramente superior a la de la planta. Las moras más grandes proceden de estas ramas (figura 2.43b), las cuales, una vez han dado su producción, se deben podar a ras del suelo, estas no son adecuadas para propagación debido a que no lignifican. Otro tipo de rama hembra que produce la planta es aquella que se origina de ramas primarias, esta se debe podar, luego de haber dado la producción, en el punto de inserción de esta junto con la rama primaria (Franco & Giraldo, 2001).



Fotos: Germán Franco

Figura 2.43. Ramas productivas o hembras. a. Terminal de una rama productiva o hembra; b. Rama hembra primaria florecida.

Acodos

La mora tiene la capacidad de emitir raíces adventicias, las cuales se producen a partir de yemas ubicadas en los tallos de la planta y no provienen de la raíz original. Esta capacidad permite que el método de propagación vegetativa por acodo sea efectivo y rápido; por esta razón, este sistema es un método de multiplicación utilizado en mora.

Propagación por acodo de punta

El acodo de punta es el método más utilizado en el cultivo por su rapidez y efectividad, la parte terminal en una rama posee un gran número de yemas (figura 2.44), las cuales emiten raíces al entrar en contacto con el suelo. Contrariamente, si se remueven los ápices de las ramas para ponerlas a enraizar, el porcentaje de raíces emitidas será muy inferior al obtenido de ramas con todas sus yemas terminales.



Foto: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 2.44. Parte terminal de una rama macho productiva, apta para realizar el acodo de punta.

El acodo de punta consiste en seleccionar ramas macho (nunca se deben propagar ramas látigos), para ponerlas a enraizar, introduciendo su ápice o “punta” en una bolsa con suelo previamente desinfectado (figura 2.45a). Las ramas seleccionadas deben ser lo suficientemente largas para que permitan agobiarlas, es decir que no se deben quebrar cuando se realice esta práctica (figura 2.45b), pues de esta manera se reduce el porcentaje de prendimiento.



Fotos: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 2.45. Acodos de punta realizados con ramas macho productivas en un cultivo de mora. a. Puntas de ramas introducidas en bolsas; b. Ramas suficientemente largas aptas para el acodo.

Para realizar el acodo se introduce la punta de la rama seleccionada en una bolsa con tierra, a la cual se le ha hecho previamente un hueco con un implemento redondo, de una pulgada de diámetro (p. ej., palo de escoba). El agujero debe hacerse hasta el fondo de la bolsa, ya que la rama seleccionada debe introducirse a igual profundidad; para facilitar esta labor se recomienda humedecer el suelo de la bolsa el día anterior. Las bolsas para los acodos deben tener una dimensión de 25 cm de largo por 12 cm de diámetro, en plástico negro, de calibre 4, y perforadas desde la mitad hasta el fondo para permitir su drenaje. Antes de enterrar la rama se deben remover las hojas terminales, de tal manera que se facilite la introducción de esta; bajo ninguna circunstancia se debe remover el ápice de la rama, pues como ya se explicó, las raíces adventicias emergerán de las yemas presentes en este sitio. La rama acodada debe permanecer adherida a la planta madre por un tiempo aproximado de 30 días, al cabo del cual se observarán brotes procedentes de las yemas de la parte aérea del acodo. Una vez se observen estos brotes, las plantas cuentan con un buen sistema radical (figura 2.46a) y los acodos pueden cortarse de la planta madre a una altura aproximada de 25 a 30 cm (figura 2.46b).



Fotos: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 2.46. Plantas de mora obtenidas por acodo de punta, 30 días después de realizado. a. Sistema radical con buen desarrollo; b. Planta propagada por acodo.

Una vez las plantas acodadas son separadas de la planta madre, estas deben permanecer en un vivero con polisombra (sarán) del 50 % de retención de luz, por al menos 30 días, para llevarlas posteriormente al campo.

Propagación por estacas

La propagación por estacas en mora no es un método muy utilizado, debido al bajo porcentaje de prendimiento, comparado con el sistema de acodo. Sin embargo, algunos productores de plantas y viveristas se han especializado en esta práctica y la usan para obtener un gran número de individuos en forma rápida. La siembra por estaca se puede realizar de varias maneras, pues es posible sembrar estas en camas, directamente en bolsas, directamente en campo, pregerminadas (modificadas) o no.

Las estacas, al igual que en la semilla sexual, deben proceder de las mejores plantas, seleccionadas por su rendimiento y demás características deseables. Para la propagación por estacas en mora se emplean trozos procedentes de todo aquel material resultante de podas, que presenten consistencia semileñosa, de al menos 1 cm de diámetro (grosor de un lápiz), de aproximadamente 20 cm de longitud y que contengan de 3 a 5 yemas

viales (figura 2.47); los trozos pueden provenir de ramas que hayan producido frutos, ramas secundarias y terciarias ubicadas en la parte media de la planta, que no presenten ataques de plagas y enfermedades, sin daño mecánico y de buena apariencia. Las estacas se cortan en bisel a 1 cm de la última yema y en corte recto en su parte basal, con herramientas debidamente afiladas, sin desgarrar sus tejidos; se debe proceder a deshojarlas para disminuir la transpiración y evitar la deshidratación. Las herramientas empleadas para realizar el corte de las estacas deben ser desinfectadas en una solución de yodo. Es importante aplicar productos protectantes sobre los cortes de la estaca para evitar pudriciones y contaminaciones en el material de siembra. Además, las plantas de las cuales se toma el material de propagación deben ser asperjadas con un fungicida protectante, para evitar la pudrición posterior de las mismas (Franco & Giraldo, 2001).



Foto: Germán Franco

Figura 2.47. Estacas sanas de mora aptas para propagación vegetativa.

La propagación por estacas presenta algunas dificultades, representadas en un rápido brote de las yemas, sin que exista aún el sistema radical, por lo que este crecimiento se detiene pronto; con el fin de obviar dicho fenómeno, Franco, Rodríguez y Guevara (1996b) desarrollaron una metodología de propagación por estacas en mora, denominada “estaca modificada”, la cual consiste en seguir todos los pasos que se recomiendan para la obtención de estacas, con la diferencia de que estas son sometidas a un proceso de estimulación de brotación de raíces en las yemas de las estacas obtenidas. Para esto, se procede a “curar” las estacas, colocándolas en un sitio en completa oscuridad (figura 2.48), cubriéndolas ya sea con pasto, papel periódico húmedo o recubiertas con plástico por dos semanas (15 días); esta condición ayuda a crear una cámara húmeda en oscuridad que promueve la brotación equilibrada de

raíces y yemas latentes (figura 2.49). Es importante que las estacas sean puestas en forma horizontal para favorecer la translocación de las sustancias elaboradas de la estaca y así estimular bajo completa oscuridad la brotación de raíces.



Foto: Germán Franco

Figura 2.48. Estacas de mora antes del proceso de “curado” para estimular su brotación.



Foto: Germán Franco

Figura 2.49. Estaca modificada brotada, con buen equilibrio entre follaje y raíces.

Siembra de estacas en camas

Para la siembra de estacas en este sistema se construyen normalmente camas directamente en el suelo, las cuales miden 25 cm de alto, 120 cm de ancho y el largo necesario. En las camas se pueden sembrar las estacas, enterrándolas casi acostadas en un ángulo de 30 grados, de tal manera que todas las yemas, excepto la que queda por fuera, queden por debajo del nivel del suelo para así favorecer la mayor emisión de raíces, las cuales emergerán en forma adventicia de las yemas enterradas. Una vez se siembran las estacas, se deben cubrir con pasto o helecho seco, con el fin de conservar la humedad y la temperatura y evitar daños por la incidencia directa de los rayos solares y así favorecer que broten yemas y raíces. Al cabo de unos 20 a 30 días, tiempo en el cual los brotes emergen del suelo, debe ser retirado el material que las cubre para que la planta continúe con el desarrollo normal. Luego de permanecer unas cuatro semanas en la cama de enraizamiento, las estacas enraizadas y con brotes vigorosos son llevadas a raíz desnuda directamente al campo para la siembra, teniendo precaución de realizar esta labor en días frescos o hacia las últimas horas de la tarde, para protegerlas de la radiación solar y evitar su deshidratación.

Siembra directa en campo

Las estacas también pueden sembrarse directamente en el campo, en el sitio definitivo de siembra. Para esto se procede a sembrar máximo tres estacas por sitio, enterrándolas casi acostadas en un ángulo de 30 grados, de tal manera que todas las yemas excepto una (la que quede por fuera) estén por debajo del nivel del suelo (figura 2.50a), para así favorecer la mayor emisión de raíces, las cuales emergerán en forma adventicia de las yemas enterradas. Una vez se siembran las estacas en el sitio de siembra se deben cubrir con pasto o helecho seco, con el fin de conservar la humedad y la temperatura y evitar daños por la incidencia directa de los rayos solares, y así favorecer que broten yemas y raíces. Al cabo de unos 20 a 30 días, tiempo en el cual las plantas emergen del suelo, debe ser retirado el material que las cubre y así permitir que la planta siga su normal desarrollo (figura 2.50b). Propagar plantas por este sistema no requiere bolsas ni almácigos, ya que la siembra es directa en el campo, se puede hacer en la finca, con lo cual se evita el transporte de material vegetal y no se requiere realizar acodos, lo que ahorra tiempo; en general se estima que con este sistema se disminuyen los costos de siembra entre un 60 y 80 % (Franco & Giraldo, 2001).



Fotos: Germán Franco

Figura 2.50. Estacas en el campo. a. Siembra de estacas de mora directamente en campo; b. Estacas brotadas.

Microestacas pregerminadas

El proceso consiste en seleccionar ramas enteras, con más de 50 cm de longitud, para lo cual se puede utilizar el material de poda; estas deben ser productivas, sanas y vigorosas. Una vez obtenidas, antes de la siembra, se desinfectan con el fin de reducir las pérdidas en la pregerminación. Las ramas obtenidas se entierran en forma horizontal en el suelo y se cubren con una capa ligera de tierra y otro tanto de hierba o pasto seco, con el fin de formar una cámara húmeda. De acuerdo a la humedad y la temperatura, luego de 25 a 30 días se inicia el enraizamiento. Las estacas germinadas se dividen en número igual al de las yemas que estas posean y se desinfectan. Posteriormente, las microestacas se trasplantan a bolsas de vivero y se ubican bajo sombrero para crear un ambiente apropiado de luz y humedad. A diferencia de los sistemas tradicionales, con las microestacas pregerminadas se logra un mayor número de plantas, a un precio menor y, por ende, con una considerable disminución en los costos de producción (Molina, 1998).

Las ventajas de la metodología de las microestacas pregerminadas son el máximo aprovechamiento del material vegetal de propagación disponible, alto porcentaje de prendimiento, bajos costos de producción, fácil desarrollo en finca, obtención de material vegetal similar al comúnmente empleado por los productores y fácil proceso de selección del material de siembra. Este método presenta ciertos requisitos técnicos y de manejo que, en algunos casos, pueden convertirse en desventajas respecto a los sistemas tradicionales: requiere buena desinfección en los procesos de pregerminación y siembra, se debe tener especial cuidado en el proceso de siembra y se requiere mano de obra con alto grado de capacitación o calificación. El proceso

intenta optimizar lo que resulta de las podas, reducir los costos y permitir una mejor selección del material de siembra (Molina, 1998).

Cultivo de tejidos *in vitro*

Consiste en producir en laboratorio, bajo condiciones controladas, en forma rápida y masiva, plantas libres de plagas y enfermedades, de materiales seccionados previamente (plantas élite). El material se obtiene de yemas, meristemos, tejidos vegetales o células individuales de una planta seccionada (Castellanos & Botero, 2003). En la actualidad muchas plantas pueden ser propagadas mediante la técnica del cultivo de tejidos vegetales *in vitro*. Especialmente para el género *Rubus* se han reportado importantes progresos con relación a las técnicas de cultivo *in vitro* de callos y a las técnicas del cultivo de meristemos y yemas (Castro & Gaviria, 1995) (figura 2.51). Cancino-Escalante, Quevedo, Villamizar y Díaz (2015) recomiendan el empleo de microestacas con yema axilar, como un buen material para procesos de propagación *in vitro* en diferentes genotipos de mora. La 6 bencilaminopurina 6BAP 2,0 mg/L, ácido giberélico GA_3 1,0 mg/L y la 6BAP 2,5 mg/L con GA_3 0,03 mg/L fueron los mejores reguladores de crecimiento adicionados al medio de cultivo, ya que favorecieron la longitud, el desarrollo foliar y el número de brotes en los explantes. Los autores indican, además, que el desarrollo radicular se estimula con la aplicación de ácido indolbutírico (IBA) 2,0 mg/L; mientras que Sigarroa-Rieche y García-Delgado (2011), al utilizar ápices meristemáticos de mora sin espinas, con un medio de cultivo 6 bencilaminopurina (6BAP) 1 mg/L y ácido giberélico (GA_3) 0,5 mg/L, obtuvieron resultados similares para el desarrollo de los explantes.



Fotos: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 2.51. Plantas de mora en propagación vegetativa mediante el cultivo de tejidos *in vitro*.

Broome y Zimmerman (1978) reportaron en su trabajo la propagación *in vitro* de especies de mora (*Rubus* spp.), “Black Satin”, “Dirksen Thornless”, “Smothstem US 64-39-2”, “Thornless Blackberry”, mediante explantes tomados de vástagos en crecimiento activo, de los cuales se retiraron de 3 a 4 de las hojas que encierran el ápice y se sembraron en medio de cultivo. Skirvin, Chu y Gomez (1981) lograron la multiplicación y el enraizamiento de tres variedades de mora (Thornless Boysenberry, Thornless Youngberry y Thornless Evergreen) libres de virus. Por su parte, Ramírez (1989) logró el crecimiento y desarrollo de microplántulas en el medio de cultivo Murashige y Skoog (1962), suplementado con 6-bencilaminopurina (BAP) (2 mg/L).

Castro et al. (1995) realizaron la evaluación de plantas propagadas por acodo tradicional frente a plantas micropropagadas, de allí se encontró que inicialmente las plantas producidas *in vitro* tuvieron un retraso de cuatro semanas para entrar en producción, debido a un periodo de juvenilidad, sin embargo, en observaciones posteriores las plantas de procedencia *in vitro* presentaron frutos de mayor tamaño, más homogéneos y de mayor peso. El cultivo de meristemos tiene dos ventajas: la contaminación por virus puede ser solucionada en combinación por termoterapia y se pueden producir plantas con la misma identidad genética en corto tiempo.

Fisiología de la planta

Factores como el viento, el suelo, la humedad relativa, la sequía, el agua, la altitud, la radiación solar y la temperatura ejercen un efecto sobre la ecofisiología de las plantas, las cuales responden de manera distinta de acuerdo con su constitución genética (vigor y productividad) (Fischer, 2000). El efecto de las condiciones ecológicas sobre la fisiología de la planta es marcado no solamente durante el crecimiento y desarrollo de esta, sino también en la fase de poscosecha, lo cual influye en la calidad de los frutos y su duración en almacenamiento.

Fases fenológicas

La fenología se refiere a las diferentes etapas que permiten el estudio del crecimiento y desarrollo de los órganos vegetativos y productivos de una planta (Martínez & Beltrán, 2007). Las fases fenológicas de la mora reseñan las distintas etapas por las que pasa el cultivo, desde la siembra hasta la cosecha. Estas etapas o fases varían con

las condiciones climáticas, siendo de menor duración en zonas más bajas, mientras que bajo condiciones de mayor altitud o más frías, estas fases toman mayor tiempo. A continuación se describen las diferentes fases, tomando como base para ello las condiciones climáticas de las zonas productoras en Colombia, que corresponden a cultivos ubicados entre los 1.800 y los 2.500 m s. n. m., con temperaturas promedio de 14 a 18 °C y de 900 a 2.500 mm de precipitación promedio anual.

En la tabla 2.2 se describen los estados fenológicos de la mora de Castilla (Franco & Giraldo, 2001), y adaptados de Castro et al. (1995); García y García (2001) y Marulanda et al. (2011).

Tabla 2.2. Estados fenológicos de la mora de Castilla

Estado	Duración (días)
De yema a botón floral	5-6
De inicio de floración a apertura de flor	22-24
De apertura de flor a polinización	2-5
De polinización a formación de fruto	6-8
De formación de fruto a cosecha	40-48
Total	75-91

Fuente: Elaboración propia con base en Castro et al. (1995), Franco y Giraldo (2001), García y García (2001) y Marulanda et al. (2011)

De otra parte, Graber (1997) menciona los diferentes estados fenológicos que cumple *Rubus glaucus* Benth. en los Andes ecuatorianos, así: de yema inicial hasta floración tarda 42 días (6 semanas); la flor dura pocos días; de floración hasta fruto cuajado transcurren 14 días, y a fruto maduro 119 días (17 semanas).

Fase vegetativa

Es la fase que transcurre entre la siembra y el momento en que se inicia la floración. En plantas propagadas vegetativamente por acodo de punta, y de acuerdo con las condiciones climáticas, esta etapa tarda entre 4 y 6 meses (16 a 24 semanas). Cuando las plantas son procedentes de propagación *in vitro* se presenta un retraso entre 1 a 1,5 meses, comparadas con aquellas propagadas por acodo. Las plantas propagadas por semilla sexual tienen un periodo vegetativo más largo y pueden llegar a tardar entre 7,5 y 10 meses.

Fase reproductiva

Esta fase comienza con la primera floración y concluye con la estabilización de la fructificación. La etapa inicia entre los 4 y 6 meses después de la siembra y termina 2 a 3 meses después, cuando la planta se propaga por acodo. Si las plantas son procedentes de propagación *in vitro* se presenta un retraso de 4 a 6 semanas, comparadas con las plantas propagadas por acodo. Las plantas propagadas por semilla sexual inician el periodo vegetativo más tarde y pueden iniciar la fase reproductiva a las 30 o 40 semanas, terminando entre las 48 y 52 semanas después de la siembra.

Fase productiva

Contando desde el momento del trasplante, a los ocho meses se inicia la producción, la cual se va incrementando hasta estabilizarse en el mes 18 (Vélez, Tatum, & Jaramillo, 1967). Generalmente, todas las plantas de un cultivo empezarán la etapa rentable de producción entre los diez y doce meses después de la siembra. Es de anotar que la mora no tiene una etapa de declinación en la producción, simplemente presenta épocas marcadas de cosecha, intercaladas con épocas de poca producción, pero se puede cosechar fruta todo el año. Se presentan uno o dos picos bien marcados de cosecha dependiendo de los periodos de lluvia en cada zona (Bautista, Figueredo, & Salas, 1973).

En estado de cultivo la planta de mora tiene un desarrollo vegetativo y reproductivo continuo durante todo el año, el cual varía de acuerdo con algunas condiciones. Durante los periodos de alta precipitación se presenta un crecimiento de ramas que involucra los procesos de brotación y elongación; mientras que, en los periodos secos prolongados, el ritmo de crecimiento se reduce y estabiliza, aumentando la floración y el cuajamiento de los frutos. La duración de la floración está determinada por condiciones sanitarias, ecológicas y de manejo. Una vez la planta ha florecido, la floración es permanente, y la duración de toda la vida útil del cultivo concluye cuando las condiciones sanitarias y botánicas reducen drásticamente la emisión de ramas y flores (Miranda, 1976).

Biología reproductiva

Las flores de la mora son hermafroditas y su polinización es cruzada, principalmente entomófila, a través de los insectos de la familia Hymenoptera (figura 2.52) (McGregor, 2009), presentando aproximadamente un 20 % de autofecundación;

además, Santana y Echeverri (2000) manifiestan que los frutos obtenidos por polinización cruzada tienen un mayor número de drupas y frutos más uniformes, que aquellos autopolinizados.



Foto: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 2.52. Insectos de la familia Hymenoptera (abejas), polinizadores de las flores de mora.

La polinización conduce a la fecundación de las flores para la formación de los frutos. Es necesario mantener un equilibrio de la fauna benéfica asociada al cultivo, para garantizar una adecuada polinización. Debido a que en los huertos de mora la polinización en su mayoría es realizada por insectos, se recomienda el establecimiento de colonias de abejas dentro del cultivo o en su cercanía, para incrementar la producción de frutos; además, teniendo en cuenta que estos insectos producen miel, su aprovechamiento puede constituir un importante renglón económico para el agricultor (Monroy & Ávila, 1985). Con una densidad de 1,6 colmenas de abejas por hectárea de mora se pueden obtener incrementos en el número de frutos por planta de un 41,9 %; y en la producción, del 98,9 %. Así mismo, al evaluar la calidad de los frutos se incrementa el porcentaje de aquellos clasificados como extra y primera, en las plantas que se encuentran más cerca del apiario; además tienen un mayor peso, diámetro y resistencia, respecto a los frutos producidos por las plantas más lejanas de este (Vásquez, Ballesteros, Muñoz & Cuellar, 2006; Vásquez et al., 2011).

El número de flores que lleva cada racimo en mora es muy variable, dependiendo tanto del número de racimitos que lo conforman y que nacen en cada yema, como del número de flores que cada uno porta, constituyendo todo el conjunto la inflorescencia. Algunos racimos llevan desde 4 hasta 12, con 1, 2, 3, 4 y 8 flores; pero lo más común es encontrar los de 3 flores. De tal manera que cada inflorescencia puede estar compuesta de 4 a 27 flores, habiendo algunas con 40 y otras con más de 50. El tiempo que tardan en abrir todas las flores de un racimo es de 30 días, contados a partir de la apertura de la primera hasta la última flor (Miranda, 1976). Las flores de la mora pueden ser viables entre seis y ocho días después de la apertura floral, siendo el segundo día el que presenta mayor porcentaje de polen viable, mientras que los días cinco y seis de apertura floral son los de menor viabilidad (Santana & Echeverri, 2000).

Fructificación

Aproximadamente cuatro a seis meses después de la siembra la mora inicia su floración. Desde el inicio de la yema floral hasta la formación del botón transcurren aproximadamente seis días y de allí (botón) a la apertura de la flor transcurren aproximadamente 24 días (Franco et al., 1996a). La apertura floral (antesis) en la mora es de dos días, lo cual se nota fácilmente por la caída de los pétalos; dos semanas después ya se observa un diminuto fruto, compuesto por numerosas drupeolas, finamente unidas a un receptáculo convexo, de aspecto carnoso, cuya base se asienta sobre un pedúnculo, que al desprenderse deja en el fruto una pequeña cavidad (Miranda, 1976).

El desarrollo del fruto en un principio es muy lento, alcanzando 1 a 2 cm de largo en un mes; al cabo de dos meses tiene 3 a 4 cm de largo y ya está bien formado; puede alcanzar de 3,5 (fruto pequeño) a 5 cm (fruto grande) de largo. El número de drupeolas que constituye el fruto o polidrupa varía desde 84 (fruto pequeño) a 199 (fruto grande). El peso del fruto está relacionado con su tamaño, fluctuando entre 4,5 y 8,5 g. Bautista (1978) encontró que la posición del fruto en la infrutescencia y la densidad de siembra influyen en el tamaño del fruto de la mora; en ese sentido, los frutos primarios originarían mayor centro de atracción de metabolitos durante el proceso de fructificación que los secundarios y terciarios, dando como resultado frutos de distintos tamaños. A medida que se incrementan las densidades de siembra, el tamaño del fruto, independientemente de su posición en la infrutescencia, se reduce.

La coloración característica que van adquiriendo los frutos indica el grado de madurez que han alcanzado, siendo primero verdosos-azulados como las hojas, luego se tornan

de color rojo que va subiendo de tono hasta alcanzar un color vinotinto casi negro. Cuando el fruto está bien maduro se desprende fácilmente del cáliz y este permanece con el pedúnculo en la inflorescencia; en cambio, cuando está “pintón” (de un color rojo subido), el cáliz y aun el pedúnculo se quedan firmemente adheridos a él, siendo a veces necesario algún esfuerzo para desprenderlo (Miranda, 1976).

El tiempo transcurrido desde la apertura de la flor hasta la madurez completa del fruto es de 90 días, a 2.680 m s. n. m.; pero como se indicó anteriormente, un racimo tarda 30 días en abrir todas las flores; por lo tanto, todas las flores de un racimo habrán madurado a los 120 días, bajo estas mismas condiciones. El orden de maduración de los frutos está relacionado con el tiempo de apertura de las flores y, como es de suponer, el primer fruto en madurar es el del ápice (Miranda, 1976). En estudios realizados en el oriente antioqueño y el Eje Cafetero se observó que el tiempo transcurrido desde la antesis hasta la cosecha del fruto es de 60 días, aproximadamente. Bautista et al. (1973) encontraron que el fruto de la mora, a una altura de 1.960 m s. n. m., tarda de antesis hasta la maduración completa de 58 a 64 días.

Establecimiento del cultivo

La elección del lugar donde se piensa establecer el cultivo de la mora reviste mucha importancia, ya que una buena ubicación del cultivo constituye la base para implementar un adecuado manejo. Debe situarse cerca de vías carretables, con facilidad para el transporte de insumos y productos, que permita la supervisión y que tenga buena disponibilidad de agua para las aplicaciones de agroquímicos y riego. Este tema es fundamental en el cultivo de la mora, por lo tanto, es sumamente importante que las vías sean accesibles y estén en buen estado, y cerca de los centros de comercialización y consumo, por ser este un producto altamente perecedero.

Selección del lote

Cuando se va a elegir un lote para establecer un cultivo de mora, se deben descartar sitios con influencia en cuencas hidrográficas o que estén cubiertos por bosques o arreglos vegetales de flora en vía de extinción. La topografía más recomendada y usada para la siembra de la mora es la ondulada con pendientes inferiores al 30 %, ya que el cultivo en suelos con pendientes superiores dificulta el manejo y hace más propenso el suelo a la erosión.

Los mejores suelos para el cultivo de la mora son los de textura franca, ricos en materia orgánica, con buena capacidad de retención de humedad, pero lo suficientemente permeables como para evitar encharcamientos. El cultivo de la mora soporta suelos ácidos, pero su comportamiento es superior en suelos cercanos a la neutralidad y con un mínimo de 50 cm de profundidad; es exigente en N, P, K, Ca y Mg (Erazo, 1988; Escoto, 1994). En zonas lluviosas son preferibles los suelos inclinados que favorezcan el drenaje; sin embargo, es importante disponer de buena humedad en el suelo, para favorecer el crecimiento vegetativo y productivo de la planta, ya que un déficit de agua afectará su rendimiento (Franco et al., 1996a).

Una vez se tenga el lote seleccionado es necesario, en algunos casos, realizar adecuaciones, las cuales pueden variar de acuerdo con el terreno a utilizar. Es de vital importancia planear los programas y labores de adecuación del terreno, lo cual incluye la elaboración de canales de drenaje (en caso de ser necesario), el riego que se va a utilizar (si se requiere), la construcción o mejora de carreteras de acceso al huerto, la adecuación de un sitio de empaque y el almacenamiento del producto, entre otros (Franco et al., 1996a).

Preparación del terreno

Para un buen desarrollo de las plantas se requiere que el suelo sea preparado en forma adecuada, previo a la siembra de las plantas; en suelos con capas endurecidas se debe subsolar para facilitar la aireación y el drenaje, con el fin de garantizar que las raíces tengan un adecuado espacio para la exploración del perfil del suelo.

La siembra con labranza reducida se ha generalizado en algunas zonas productoras del país. Para la preparación del lote, se debe guadañar o sobrepastorear y aplicar un herbicida (preferiblemente sistémico), si el lote posee una especie gramínea agresiva en cada sitio de siembra. Luego, con un azadón se debe remover la vegetación y picar el suelo en el área circundante a un metro de radio a partir del sitio de siembra (figuras 2.53a y 2.53b). El lote para establecer el cultivo debe estar libre de árboles, arbustos y plantas nocivas, para lo cual es necesario cortar a ras del suelo la vegetación herbácea y arbustiva y arrancar las cepas de esta; se debe elegir preferiblemente un terreno con vegetación baja (rastroyo); además se deben tener registros históricos del lote, especialmente si han presentado cultivos de mora anteriores con problemas fitosanitarios, entre ellos el de la perla de tierra.



Fotos: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 2.53. Labranza reducida para el establecimiento de un cultivo de mora. a. Remoción de la vegetación del sitio donde se va a sembrar; b. Lote preparado listo para la siembra.

Trazado

El trazado es una labor que debe realizarse 45 días previos a la siembra; para esto se señalan los puntos donde se van a ubicar las plantas, utilizando estacas, marcando con un azadón o con cal en cada lugar, teniendo en cuenta la densidad de siembra; la forma del trazado dependerá esencialmente de la topografía del lote.

Densidad de siembra

La densidad de siembra se define como la cantidad de plantas que se siembran por unidad de área, factor que obedece a varios componentes tales como el hábito de crecimiento de la planta, el cultivar, la fisiografía del terreno, las condiciones físicas y de fertilidad del suelo, y los factores ambientales como la temperatura, humedad relativa, la precipitación, los vientos y la luminosidad. En este cultivo se pueden usar diversas distancias de siembra, la más recomendada es de 2,0 m entre plantas por 3,0 m entre surcos, para una población de 1.666 plantas/ha. Sin embargo, se ha observado que cuando se cultiva la variedad de mora San Antonio se pueden utilizar distancias menores, dada la arquitectura del material; en este caso, la distancia recomendada para el material es de 1,5 m entre plantas por 2,5 m entre surcos, para una población de 2.666 plantas/ha. En la tabla 2.3 se muestran las diferentes distancias de siembra utilizadas en el cultivo de mora de Castilla en Colombia.

Tabla 2.3. Distancias de siembra más utilizadas en el cultivo de la mora de Castilla

Distancia		Número de plantas/ha	
Entre plantas (m)	Entre surcos (m)	Cuadro o rectángulo	Tresbolillo
3,0	4,0	833	958
3,0	3,5	952	1.095
3,0	3,0	1.111	1.277
3,0	2,5	1.333	1.533
2,5	4,0	1.000	1.150
2,5	3,5	1.142	1.313
2,5	3,0	1.333	1.533
2,5	2,5	1.600	1.840
2,0	4,0	1.250	1.437
2,0	3,5	1.428	1.642
2,0	3,0	1.666	1.916
2,0	2,5	2.000	2.300

Fuente: Elaboración propia

Distribución espacial

La forma como se ubican las plantas en un terreno se denomina distribución espacial, la cual depende de diversos factores entre los que se destacan la topografía, el tipo de suelo y el clima; el cultivo de la mora se siembra en el piso térmico frío que, por lo general, presenta topografía ondulada o quebrada y en ese sentido, lo ideal es utilizar como sistema de trazado las curvas a nivel, con el fin de proteger el suelo (figura 2.54). En términos generales, lotes con pendientes superiores al 20 % deben sembrarse utilizando el sistema de tresbolillo o triángulo, puesto que permite sembrar un 15 % más de plantas por área que el que se obtiene en cuadro. Cuando la topografía es plana se recomienda el sistema de cuadro o rectángulo.



Foto: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 2.54. Trazado en curvas a nivel en zonas de ladera, para el establecimiento de un cultivo de mora.

Ahoyado

Esta labor se hace un mes antes de la siembra y consiste en hacer huecos en los sitios previamente demarcados, los cuales deben tener las siguientes dimensiones: 40 cm de diámetro $\times$ 40 cm de profundidad (figura 2.55). La tierra puede sacarse del hoyo o también se puede picar y repicar en el sitio de siembra sin sacarla. En caso de encontrar horizontes diferentes al hacer hoyo, se recomienda separar el suelo de cada horizonte, de tal manera que al llenar el hueco no se mezclen dichos horizontes. Una vez se tengan los hoyos listos para la siembra, se depositan e incorporan de 2 a 5 kg de materia orgánica seca y compostada (gallinaza, humus, champiñonaza) (figura 2.56a), con 500 a 1.000 g de cal agrícola o dolomítica (figura 2.56b) (en suelos con pH ácido y con contenidos altos de aluminio); la materia orgánica y la cal se mezclan con el primer horizonte (figura 2.56c).



Foto: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 2.55. Hoyo de 40 × 40 × 40 cm para la siembra de mora.

Fotos: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 2.56. Incorporación de correctivos en el hoyo para la siembra de mora. a. Aplicación de materia orgánica; b. Aplicación de cal dolomítica; c. Mezcla para incorporación de materia orgánica y cal dolomítica en el sitio de siembra.

Sin embargo, en la adición de fertilizantes o enmiendas al suelo, durante la siembra o en la etapa de crecimiento y producción del cultivo, es necesario realizar de antemano un análisis físico-químico del suelo, con el propósito de conocer las necesidades nutricionales del mismo.

Análisis de suelos

Uno o dos meses antes de sembrar un cultivo de mora se debe tomar una muestra de suelo por lote (si son varios), con características homogéneas, para ser enviadas a un laboratorio especializado para el análisis de contenido físico-químico. Con el resultado, en el cual se conocen los contenidos de los nutrientes en suelo, se elabora un programa de fertilización para el cultivo.

El análisis químico del suelo otorga un resultado importante, por lo que el productor debe invertir para diagnosticar y conocer la fertilidad de los suelos destinados a la producción de mora. Con el análisis se pretende determinar el grado de suficiencia o deficiencia de los nutrientes del suelo, como también las condiciones adversas que pueden perjudicar al cultivo, tales como la acidez, la salinidad, la toxicidad por algún elemento. Por medio del análisis de suelos es posible evaluar el grado de eficiencia de los nutrientes y determinar las cantidades de fertilizantes que se deben aplicar (Castellanos & Botero, 2003).

Trasplante al campo

Una vez que se tengan las plantas de mora lo suficientemente desarrolladas en su sistema radical y foliar se procede a la siembra en campo (figura 2.57). El tiempo que transcurre entre el establecimiento de las plantas en el almácigo o vivero, hasta que están de trasplante a campo, depende del sistema de propagación utilizado. Es decir, si las plantas proceden de acodo de punta o de estacas el periodo tarda aproximadamente ocho semanas (dos meses), si son plantas *in vitro* o por semilla sexual tardan entre 10-12 semanas (2,5 a 3 meses).



Foto: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 2.57. Plantas de mora recién sembradas.

La siembra en campo debe hacerse en épocas de lluvia o disponer de riego en épocas de verano, para garantizar un porcentaje alto de prendimiento. En el sistema tradicional de ahoyado se deposita la planta sin la bolsa en el hoyo y sin disturbar el suelo que rodea las raíces, a continuación se llena el hueco con el suelo negro que se sacó de este realizando una presión sobre el área circundante para extraer el exceso de aire. La planta debe quedar en un montículo de aproximadamente 10 cm por encima de la superficie del suelo, para evitar encharcamiento y posteriores pudriciones; además, con esto se permite que el suelo, una vez pierda el exceso de aire presente, adquiera la forma original y quede casi a ras. Se estima que la resiembra no debe superar el 5 %.

Uso de las micorrizas en el cultivo

La micorriza es la unión de algunos hongos habitantes del suelo y las raíces de un gran número de plantas nativas y cultivadas, y se caracteriza por los beneficios mutuos, pues el organismo y la planta sacan provecho de la vida en común. Las micorrizas arbusculares juegan un papel importante en el funcionamiento de las plantas, porque aumentan la capacidad para la toma y absorción de nutrientes de poca movilidad como el fósforo, el zinc y el cobre, y evitan la fijación y el lavado. La acción de las micorrizas se concentra en donde está la mayor cantidad de materia orgánica y en los sitios de mayor crecimiento de raíces (Botero, Rivillas, Franco, & Saldarriaga, 2006).

El micelio externo de las micorrizas puede extenderse varios centímetros desde las raíces aumentando la superficie de contacto con el suelo, para absorción de los elementos minerales. Además, el micelio es de menor dimensión que las raíces de las plantas, por lo tanto puede penetrar entre los poros del suelo más fácilmente, lo que hace más eficiente la extracción de nutrientes y favorece el crecimiento de las plantas, esto sucede principalmente en suelos de baja fertilidad. Otras de las ventajas del micelio son: mejora la capacidad de absorción de agua y la tolerancia a sequía de las plantas; beneficia las condiciones físicas del suelo, previene la erosión como consecuencia de la agregación de partículas del suelo, debido a su crecimiento intensivo; protege la raíz contra patógenos porque favorece la lignificación de las paredes celulares de esta, lo que dificulta la penetración de microorganismo nocivos y activa mecanismos de defensas de las plantas contra ellos; así mismo, estimula a otros organismos que actúan como controladores biológicos (Botero et al., 2006).

Para la mora se ha observado que la aplicación de la micorriza *Acaulospora mellea*, así como las mezclas de estas con especies del género *Glomus*, favorecen el crecimiento de la planta y su producción. La aplicación de este biofertilizante se recomienda

hacerla en vivero, adicionando 10 a 20 g del inóculo completo al suelo de las bolsas en el momento de la siembra de las plántulas. Además, al instante de la siembra en campo también es recomendable adicionar aproximadamente 30 g de micorrizas por planta, para lo cual se procede a impregnar las raíces de la planta a sembrar con el biofertilizante, de tal manera que quede en contacto con estas. Es importante aclarar que una vez las plantas han sido micorrizadas no es necesario repetir la aplicación posteriormente (Botero et al., 2006).

Ramírez et al. (2008) encontraron que plantas de mora inoculadas con micorrizas mostraron mejor porte, una mayor área foliar, más acumulación de biomasa foliar, mejor estado nutricional y mayor absorción de P, N, Ca y Mg (nutrientes esenciales), en comparación con las plantas no inoculadas. El uso de micorrizas puede sustituir hasta en un 50 % la fertilización convencional; además, en plantas de mora obtenidas *in vitro* contribuye a disminuir el estrés causado durante el traslado de estas, de un medio aséptico en el laboratorio a un ambiente normal de crecimiento, en condiciones menos favorables (invernadero), donde la supervivencia es de alto riesgo debido al pobre sistema radical y a su sistema estomático no funcional.

Actualmente, varias empresas e instituciones han seleccionado cepas de micorrizas y mezclas de estas, procedentes de cultivos de mora en las zonas productoras del país, algunas de las cuales se comercializan en las regiones de cultivo.

Fertilización

En la producción agrícola moderna, los fertilizantes se utilizan para corregir las deficiencias nutricionales de las plantas, conservar en los cultivos niveles nutricionales eficientes y balanceados, generar resistencia a condiciones de estrés, mejorar las condiciones de cosecha y mantener el nivel óptimo de las propiedades químicas del suelo (Castellanos & Botero, 2003).

La producción de mora está directamente relacionada con los nutrientes disponibles en el suelo, por esto la importancia de una buena fertilización. La mora necesita de una precisa nutrición que se basa en el análisis de los suelos del huerto. La fertilización se debe realizar cuando haya una buena humedad en el suelo, anterior y posterior a la cosecha principal y a las “traviesas”, lo que implica cuatro aplicaciones por año aproximadamente. Cuando las plantas están en crecimiento, la fertilización comienza a los dos meses de establecido el cultivo y continúa cada tres meses, hasta que las plantas logren su madurez, es decir al año de siembra (Franco, Gallego, Rodríguez, Guevara, & Morales, 2001) (figura 2.58).



Foto: Cipriano Arturo Díaz Díez

Figura 2.58. Fertilización de plantas de mora.

En términos generales, se deben considerar algunos de los siguientes aspectos:

- Antes de la siembra y durante el cultivo es necesario aplicar materia orgánica.
- En suelos muy arenosos o muy arcillosos es conveniente aplicar la materia orgánica como un acondicionador de suelos; si fuese necesario se debe aplicar una enmienda suficiente según el tipo de suelo.
- El nitrógeno es fundamental durante los primeros meses para la formación de ramas y hojas.
- El fósforo es necesario para un adecuado enraizamiento de la planta y junto con el potasio es importante para la maduración y buena calidad de los frutos.
- Nitrógeno, fósforo y potasio deben aplicarse fraccionados, cada 30 a 45 días iniciando a los dos meses después del trasplante. La dosis dependerá del análisis de suelos y de la edad del cultivo, aumentando en la medida que el cultivo crece.
- Deben aplicarse elementos menores cada seis meses, realizando aplicaciones adicionales de boro y magnesio. La aspersión con boro hay que hacerla por lo menos dos veces al año, el magnesio puede ser aplicado en forma de sulfato de magnesio o como cal dolomítica. Las aplicaciones de fertilizantes foliares son aconsejables para inducir floración y emisión de rebrotes (Federación Nacional de Cafeteros [FNC], 1992). En el capítulo III se amplía la información referente a la nutrición y fertilización del cultivo.

Podas

Durante el proceso de domesticación de las especies perennes y particularmente los frutales, el hombre encontró en las prácticas culturales la primera herramienta para el aumento de la producción, facilitar la cosecha y reducir los problemas sanitarios. En el manejo del cultivo de la mora se deben implantar, como base fundamental, un conjunto de prácticas culturales en forma adecuada y oportuna para propender por aumentar la competitividad y productividad de este cultivo entre los pequeños productores.

Hasta hace algunos años la mora, frutal originario de los Andes suramericanos, se desarrollaba en forma casi espontánea en los huertos de las casas campesinas de los altiplanos andinos y tierras frías del país. Durante el proceso que la convirtió en una especie explotada comercialmente, se vio la necesidad de mantener un equilibrio en la aparición y crecimiento desordenado de las ramas, con el fin de facilitar el manejo del cultivo, reducir la incidencia de plagas y enfermedades y aumentar las cosechas, para lo cual se recurrió a la práctica de la poda.

Importancia de la poda

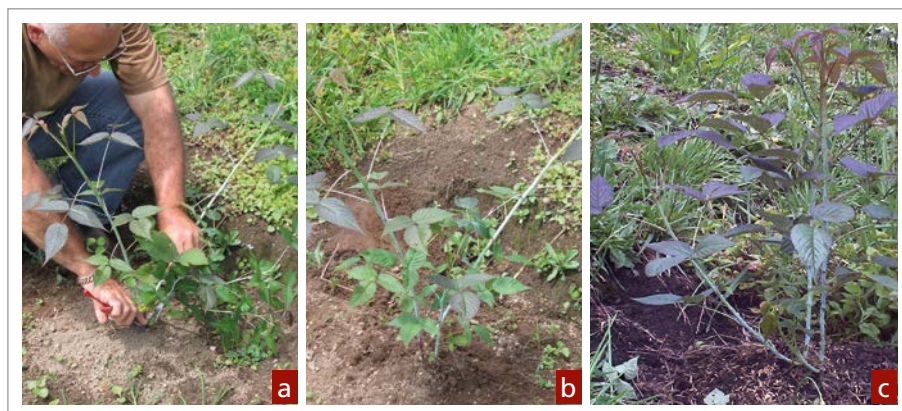
La mora, por ser una planta que pertenece a la familia de las rosáceas, tiene una bioarquitectura desordenada que puede ser modificada por medio de la poda, la cual consiste en cortar o remover ramas y brotes para mejorar su forma y facilitar las labores de cultivo y cosecha. Esta práctica es necesaria porque permite direccionar la producción en el espacio y en el tiempo por las cosechas continuas; prepara la planta para la vida productiva y la beneficia en el proceso de floración, formación de frutos y renovación de ramas; favorece la aireación de la plantación, ayuda en la evaluación fitosanitaria del cultivo, facilita las prácticas de desyerba, fertilización, aspersión de productos, mantenimiento de tutorados y cosecha; reduce la incidencia y severidad de enfermedades y plagas; facilita el desplazamiento de los trabajadores de campo en el huerto; además, mantiene la plantación vigorosa y con una producción uniforme. Cultivos mal podados emiten tallos de mala calidad, el cultivo se enmaraña, las producciones son bajas y las épocas de cosecha disminuyen (Franco et al., 1996a; Franco & Giraldo 2001; Castellanos & Botero, 2003).

Los productores y operarios que realicen las podas deben conocer bien los tipos de rama que emite la planta y la forma como se deben podar y manejar, con el fin de obtener el máximo rendimiento. La descripción de las ramas está relacionada en este mismo

capítulo, en el tema de propagación. La poda debe hacerse regularmente, cada seis a ocho semanas, para lograr una buena eficiencia en la producción. Esta se realiza con tijeras desinfectadas con hipoclorito de sodio o de calcio al 2% o yodo al 5%. Los cortes de la poda se hacen al lado de una yema y en forma de bisel.

Poda de formación

Este tipo de poda consiste en realizar cortes de ramas, con la finalidad de proporcionarle a la planta una altura y estructura que permita su fácil manejo y producción. La poda de formación se realiza a partir de las seis u ocho semanas, después del trasplante al campo, cuando la planta está en crecimiento vegetativo, y antes de la primera cosecha. Inicialmente, se corta la rama que procedía de la planta madre, correspondiente al acodo de punta en la propagación o el tallo inicial emitido por la planta cuando esta se obtiene por estaca (figuras 2.59a y 2.59b). A continuación, se deben observar los rebrotes provenientes de yemas que están por debajo del suelo, ya que de estos el podador selecciona entre ocho y diez tallos principales por planta (según la fertilidad del suelo, las condiciones climáticas, la topografía, el sistema de tutorado y el material de siembra), los cuales se deben ubicar a lado y lado de las espalderas, cuando estas son dobles, dándole al cultivo un crecimiento en forma de V. Estos tallos conformarán la unidad productiva (Franco & Giraldo, 2001, 2002; Franco, Rodríguez, & Giraldo, 2005) (figura 2.59c).



Fotos: Germán Franco
y Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 2.59. Poda de formación. a. Remoción de las ramas procedentes de la planta madre; b. Vista de una planta después del corte de ramas de la planta madre; c. Planta con poda de formación y con brotes en activo crecimiento.

Poda de producción

Con esta poda se promueve la emisión de nuevos crecimientos para obtener una planta con suficiente número de tallos primarios, con capacidad de dar ramas fructíferas y vigorosas; además, con esta es posible programar las cosechas. La poda de producción es diferente para cada tipo de rama, tal como se explicó en el tema de propagación, y se inicia a partir de los seis meses. Las ramas hembra crecen hasta que ellas pasan del estado vegetativo al reproductivo (diferenciación floral), mientras que los tallos machos productivos se cortan sobre la última rama lateral productiva en una zona semileñosa, los tallos machos vegetativos y látigos se cortan desde su punto de origen (Franco et al., 1996a; Franco et al., 2005).

Poda de mantenimiento y fitosanitaria

Con esta poda se promueve la emisión de ramas productoras de fruta y la sanidad del cultivo. Consiste en cortar permanentemente todos aquellos tallos y ramas que ya produjeron fruta, y eliminar los látigos y las ramas secas o enfermas, así como las ramas macho improductivas (figura 2.60a). Es importante recordar que todas las ramas que producen fruta son ramas que no vuelven a producir y que entran en etapa de senescencia, por ende, una vez son cosechadas, empiezan a ser atacadas por gran diversidad de plagas y enfermedades, especialmente hongos; esta situación crea una fuente de inóculo dentro del cultivo, que contamina otras ramas en crecimiento y producción. Por lo anterior, es necesario retirar todas las ramas productivas una vez se cosechen. Posteriormente, se procede a podarlas, en muchos casos desde la base (figura 2.60b) y en otros casos, hasta encontrar un brote con suficiente vigor que pueda sostener una próxima fructificación. De esta forma la planta se renueva, se erradica un potencial inóculo de plagas y enfermedades y se logran mayores producciones (Miranda, 1976; Franco et al., 1996a; Franco & Giraldo, 2001; Franco et al., 2005).



Fotos: Germán Franco

Figura 2.60. Poda de mantenimiento y fitosanitaria. a. Poda de ramas que ya produjeron; b. Corte en la base de una rama enferma.

Cuando se eliminan materiales desde la base de la planta, se debe hacer el corte a ras del suelo sin dejar tocones para evitar el embalconamiento de la planta y el ataque de plagas y enfermedades (figura 2.61) (Franco et al., 2005).



Foto: Germán Franco

Figura 2.61. Poda basal de ramas que ya produjeron.

La parte basal de la planta se debe conservar libre de hojas, como mínimo, los primeros 30 a 40 cm desde el suelo (figuras 2.62a y 2.62b) para, de esta forma, mejorar la aireación y la entrada de la luz, estimular el crecimiento de brotes de reemplazo y contribuir al control de plagas y enfermedades (Franco et al., 2005).



Fotos: Germán Franco
y Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 2.62. Poda basal. a. De hojas en los primeros 30-40 cm para facilitar la aireación dentro del cultivo; b. Vista de una plantación con corte basal de hojas.

La poda de mantenimiento y fitosanitaria se debe hacer cada 20 a 30 días, para mantener el cultivo tecnificado y con alta producción; además, para permitir trabajar más rápidamente y eliminar material poco productivo (Franco et al., 1996a; Franco & Giraldo, 2001, 2002; Castellanos & Botero, 2003; Franco et al., 2005). En mora sin espinas esta práctica puede hacerse un poco más espaciada en el tiempo o después de cada cosecha principal (figura 2.63a). Es importante mencionar que todos los residuos resultantes de la poda deben ser retirados del cultivo para su compostaje, ya que dejarlos dentro de las calles proporciona una fuente de inóculo de plagas y enfermedades que afectan la producción (figura 2.63b).



Fotos: Germán Franco
y Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 2.63. Poda de mantenimiento y fitosanitaria. a. Poda en mora sin espinas después de cosecha principal con corte de gran cantidad de follaje; b. Residuos de poda retirados del cultivo.

Poda de renovación

Dado el poder regenerativo que presenta la planta de mora, la poda de renovación es viable; este es uno de los cultivos en los que esta práctica funciona y por la cual es posible encontrar plantaciones longevas, con altas producciones y buena calidad de fruta. Para realizar esta poda es necesario asegurarse de que el sistema radical esté completamente sano, de lo contrario, el cultivo se debe renovar por siembra y de preferencia en otro lote.

La poda de renovación se puede efectuar de manera total o parcial. La renovación total, que consiste en el corte total de la planta a ras del suelo (figura 2.64a), se realiza una vez el cultivo cumple su ciclo productivo, cuando después de varios años de producción continua sus brotes o renuevos no muestran el vigor requerido para una producción óptima, o cuando se han presentado daños severos debido a factores ambientales como heladas, granizadas o por ataques fuertes de alguna enfermedad o plaga, posterior a la poda se observará la emisión de nuevos brotes (Castellanos & Botero, 2003) (figura 2.64b).



Fotos: Germán Franco y Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 2.64. Poda de renovación en plantaciones de mora. a. Corte a ras del suelo del sitio productivo, obsérvese la emisión de rebrotes; b. Planta en brotación posterior a la poda de renovación.

La renovación parcial se realiza cuando se observa que un tallo primario termina su producción y hay proliferación de tallos, los cuales dañan la arquitectura de la planta e impiden una correcta aireación y dificultan la cosecha. En este caso, el tallo se corta a ras de la corona, evitando dejar tocones que pueden pudrirse. El mejor momento para hacer esta poda es después del último pico alto de producción (Castellanos & Botero, 2003).

En caso de que la poda de renovación coincida con una época muy seca, se recomienda cubrir la corona podada con pasto o helecho seco, el cual se retira una vez se observen los nuevos brotes. En caso contrario, si coincide con una época de alta humedad se debe proteger la corona con la aplicación de cicatrizantes. Se estima que luego de una poda de renovación los cultivos empiezan a producir de nuevo, seis meses después de realizada (Franco & Giraldo, 2002).

Manejo de arvenses

Entre los factores que afectan la producción del cultivo se encuentran las arvenses, las cuales causan grandes pérdidas en condiciones inadecuadas de manejo. El control comprende la realización oportuna de diferentes prácticas, como la siembra de cultivos intercalados de ciclo corto y porte bajo, la selección y eliminación de malezas por medios físicos o químicos, el control mecánico con guadaña y manual y, por último, la utilización de herbicidas selectivos (Castellanos & Botero, 2003).

En mora, el sitio destinado a la siembra puede tratarse previamente con herbicida, para permitir que la planta en sus estados iniciales de crecimiento no sufra los efectos de la competencia con otras especies (Franco & Giraldo, 2002). Se debe mantener el cultivo con un manejo estricto de arvenses (zona de plateo y calles) en la época crítica de competencia, la cual se extiende hasta los primeros nueve meses después de la siembra, periodo que puede considerarse también como la fase de establecimiento del cultivo, en el cual la interferencia de las arvenses logra ocasionar pérdidas hasta del 60 % de la producción (Gómez, Arango, Franco, Gómez, & Cayón, 2000). Posterior a la época crítica, se debe realizar un manejo selectivo de las arvenses, para tratar de establecer alguna cobertura de baja altura que no compita con el cultivo. Es importante mantener la zona de plateo limpia con el fin de permitir la llegada de luz y la brotación de yemas que darán origen a nuevos tallos (Franco & Giraldo, 2002).

El manejo de arvenses en las calles por métodos mecánicos, como por ejemplo la guadaña, ha reducido de manera sustancial gastos y el tiempo de la mano de obra, lo cual redundaría en la reducción de los costos de producción. Además, el uso de algunos métodos de control químico de manera selectiva (selector de arvenses), permiten mantener dentro del cultivo un tipo de maleza denominada “noble”, con la que es posible convivir y contribuye a reducir el impacto de los factores climáticos (agua, viento y radiación solar, entre otros), ya que el sistema radical de planta es muy superficial (figura 2.65).



Foto: Germán Franco

Figura 2.65. Uso del selector para el manejo de arvenses en el cultivo.

De otra parte, el manejo en las calles por medio de métodos químicos se debe hacer siguiendo algunas recomendaciones como: aplicar el herbicida en cultivos bien desarrollados, con plantas que posean consistencia leñosa; siempre se debe dirigir la aplicación por fuera de la zona de plateo. La aplicación de herbicidas sistémicos con pantalla ayuda al manejo de malezas en lotes con invasiones severas, las cuales interfieren con el desarrollo normal de la planta y con la producción de fruta; para esto, la aplicación debe hacerse en las horas de la mañana sin viento ni calor. En caso del control de arvenses poco agresivas se usan herbicidas de contacto, a los cuales la mora es sensible por lo que se recomienda usarlos alejados del tallo o utilizar preferiblemente el control manual.

Una forma de manejar las arvenses es mediante la siembra de cultivos intercalados, en los meses de establecimiento del cultivo. Se pueden sembrar hortalizas o frijol arbustivo (figura 2.66).



Foto: Germán Franco

Figura 2.66. Cultivo de mora intercalado con frijol arbustivo para el manejo de arvenses en etapas iniciales.

En general, las desyerbas dentro del cultivo deben realizarse cada tres meses, según las condiciones climáticas de la zona y las épocas de lluvia. En huertos con pendiente se debe mantener una cobertura en el suelo y plantar barreras vivas para favorecer la conservación del suelo.

Plateo

A partir de la siembra, y en forma permanente, se debe mantener libre de malezas la zona alrededor de la planta. El plateo (figura 2.67a) tiene que hacerse con cuidado, preferiblemente en forma manual o, en su defecto, con machete o guadaña, ya que el sistema radical de la planta es superficial y el uso de azadones y gambias causan heridas que son la puerta de entrada a diversas enfermedades. Según las condiciones de la zona donde se encuentre establecido el cultivo, los plateos deben hacerse cada ocho a diez semanas. Es recomendable que los residuos resultantes del plateo y de las desyerbas se coloquen como cobertura muerta en el mismo plateo (figura 2.67b) sin cubrir la base de la planta y en las calles (figuras 2.68a y 2.68b), pues con esto se evita la evaporación del agua en el suelo, se regula la temperatura en este y se disminuye el efecto erosivo del agua lluvia.



Fotos: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 2.67. Plateo. a. Detalle de un lote con plantas de mora plateadas; b. Residuos de las desyerbas usados como cobertura muerta en el plateo.



Fotos: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 2.68. Uso de coberturas en las calles del cultivo. a. Pasto como cobertura viva; b. Pasto como cobertura muerta.

Aporque

El aporque es una labor que consiste en acumular suelo alrededor de los tallos de las plantas para mejorar el anclaje, incentivar un mayor desarrollo de raíces adventicias, asegurar nutrición más completa y conservar la humedad durante más tiempo. El primer aporque en mora se hace después de la poda de formación, y debe ser bajo para facilitar la salida de brotes. Una vez formada la planta puede ser más alto. Se debe hacer por lo menos dos veces al año (figura 2.69) (Franco & Giraldo, 2001).



Foto: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 2.69. Aporque de una planta de mora.

Tutorado

La planta de mora, por su naturaleza y hábito de crecimiento (semirastrero o semierecto), exige un sistema de soporte, conducción o tutorado, que permita la aireación de las plantas, facilite las labores culturales (podas, desyerbas, aspersiones), mejore la sanidad del cultivo y facilite la cosecha (Peña, 1993). Su selección depende de la eficiencia que se brinde para manejar el cultivo, de los costos, de la disponibilidad de materiales y de la facilidad para la construcción.

El tutorado es un sistema de soporte mecánico que se hace de materiales locales, con postes de madera, guadua, alambre o polipropileno. La necesidad de establecer sistemas de soporte en este tipo de cultivos ha llevado a la utilización indiscriminada de maderas de especies nativas, especialmente de bosques aledaños a las zonas de explotación, lo que causa un impacto ambiental negativo por deforestaciones no controladas. Esta situación ha llegado a afectar las fuentes primarias de agua en las microcuencas, por lo que las corporaciones ambientales están tomando cartas en el asunto. En este sentido, y con el fin de mitigar los daños descritos, se ha propuesto el uso de tutores procedentes de maderas comerciales o de explotaciones forestales, como guadua, eucalipto, pino o acacia. Para reducir costos en la compra de los

tutores, en las fincas se recomienda el establecimiento de huertos con las especies mencionadas. En esta misma línea, Castellanos y Botero (2003) proponen el uso de tutores vivos para el cultivo de la mora, con la utilización de especies forestales como Acacia (*Acacia decurrens*), Arboloco (*Montanoa quadrangularis*), Quiebrabarrigo o Nacadero (*Trichanthera gigantea*), Chachafruto (*Erythrina edulis*), Eucalipto (*Eucalyptus grandis*) y Sauce (*Salix humboldtiana*), con resultados promisorios.

Aunque se ha demostrado que la mora se comporta mejor en todas sus etapas de crecimiento cuando se utiliza el tutorado, todavía es posible encontrar zonas productoras donde los agricultores manejan la mora sin una estructura de soporte; el sistema sin tutorado es frecuente en muchas zonas de cultivo, aunque no es recomendable por la dificultad que se presenta para realizar las labores agronómicas en la plantación y porque la fruta se puede estropear y contaminar por estar en contacto directo con el suelo (Franco & Giraldo, 2001).

En mora se reporta un gran número de sistemas de tutorado que varían considerablemente según la zona, los materiales utilizados, la tradición del agricultor y el conocimiento que sobre el hábito y comportamiento de la planta tienen los productores, quienes han diseñado la mayoría de los sistemas existentes. Además, los nombres que los sistemas de tutorado reciben también varían.

En general, para el tutorado en mora se utilizan estacones de madera o de guadua, de 4 a 5 pulgadas de grueso (10 a 12 cm); en lo posible, este material debe estar inmunizado tal como se consigue comercialmente; en el lote, estos deben ser enterrados mínimo 0,5 m e impermeabilizados en sus dos extremos para evitar pudriciones y alargar la vida útil, para este propósito se pueden utilizar productos comerciales (derivados del petróleo con diferentes nombres comerciales) o de tipo casero como aceite quemado, brea diluida, ACPM, entre otros. Los postes de la periferia deben ser los más gruesos, pues son los que soportarán mayor peso y en la mayoría de los casos deben ir con pie de amigo. Según la experiencia de algunos agricultores, se ha observado que envolver con tiras de plástico o polietileno (de un ancho de aproximadamente 25 cm) la base de los postes (el sitio más vulnerable a la pudrición y fractura de los mismos), ayuda a disminuir el problema y por ende a aumentar la vida útil; con esta práctica también se ha logrado disminuir el deterioro de los postes, al colocar en el extremo superior de los mismos la base de envases plásticos, a manera de barrera protectora. Además, comúnmente se utiliza alambre liso, galvanizado, calibre 10 o 12 y en algunos casos alambre de púas, para formar hilos que unen los estacones, formando así el sistema donde se apoyarán las ramas de las plantas.

Entre los tipos de tutorado que se pueden encontrar en mora están: chiquero en triangulo o en cuadro, espaldera sencilla (con un solo hilo), espaldera compuesta (con dos o tres hilos), espaldera doble o de cama (con uno, dos o tres hilos) y espaldera en T (sencilla o doble). A continuación, se describen estos sistemas.

Chiquero

Este método es muy común en pequeños cultivos, debido a que se construye con materiales que generalmente existen en las fincas y se considera un método artesanal de tutorado. Es más utilizado en cultivos con distancias muy amplias (3×4 o 4×4 m), para poblaciones de 833 y 625 plantas/ha respectivamente. Consiste en un soporte individual para cada planta, en una especie de corral. Alrededor de la planta se colocan tres o cuatro estacones de madera de 2 m de largo, los cuales se entierran (0,5 m) en forma inclinada o recta, queda así un chiquero de 1,5 m de alto, a una distancia entre los postes de 1 m aproximadamente, unidos en su parte superior por alambre o varas de madera, en donde se apoyará posteriormente toda la planta. Existen adaptaciones de este sistema, las cuales dependen de muchos factores; se pueden encontrar chiqueros de uno, dos o tres hilos, ya sea en madera o alambre (Erazo, 1988; Escoto, 1994) (figura 2.70). Este sistema de tutorado no es aconsejable, puesto que requiere mucha mano de obra en la instalación, por la necesidad de tutorar planta por planta, además es costoso por el uso excesivo de madera.



Foto: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 2.70. Tutorado en chiquero.

Sistemas de espaldera

Son estructuras en las que se forma un soporte para toda una hilera de plantas y, según sea el número de alambres y el tipo de construcción, se elaboran de diferentes formas. Cuando en este sistema se utiliza un solo hilo de alambre, se denomina espaldera sencilla; cuando utilizan dos o tres, espaldera compuesta. En todos los casos se usa alambre liso galvanizado, calibre 12 o 14.

Espaldera sencilla

El sistema de espaldera sencilla consiste en la ubicación de postes de madera o guadua de 2,2 m de largo en la dirección del surco, enterrados 50 cm, de modo que queden con una altura de 1,7 o 1,8 m. Se deben colocar cada 6 a 8 m y sembrar la primera planta a un metro del primer poste; esto permite sembrar de 3 a 4 plantas entre postes. En este sistema se tiende un solo alambre que une los postes a una altura de 1,5 m; cuando las plantas empiezan a crecer, los tallos primarios se amarran individualmente al alambre principal, por medio de fibras sintéticas de polipropileno; este mismo procedimiento se sigue a través de la vida del cultivo, eliminando los tallos que producen y amarrando nuevamente los tallos que emergen (figura 2.71).

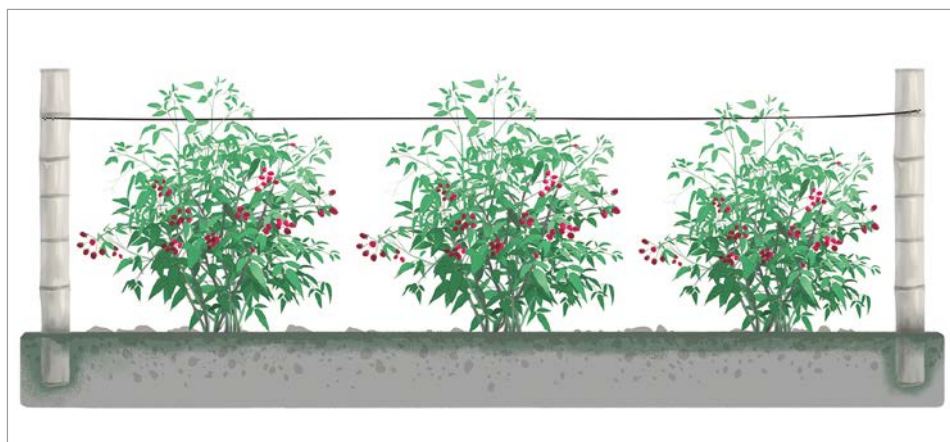


Ilustración: Juan Felipe Martínez Tirado

Figura 2.71. Diagrama de una espaldera sencilla.

Espaldera compuesta (de dos o tres alambres)

Cuando se utilizan dos hilos, se tiende un primer alambre liso a 60 cm del suelo, en el que se enredan las ramas, y un segundo alambre a 1,3 o 1,5 m del suelo. Al primer alambre se le pueden amarrar hasta cuatro ramas en ángulos abiertos y, a medida que estas crecen, se amarran al segundo alambre en número de cuatro o más. Se pueden usar también tres alambres, colocando el primero a 80 cm y los otros a 45 cm cada uno (Eraso, 1982) (figura 2.72).



Ilustración: Juan Felipe Martínez Tirado

Figura 2.72. Diagrama de una espaldera compuesta.

El sistema de tutorado en espaldera, sencilla o compuesta, no es muy recomendado porque demanda mucha mano de obra, pues las ramas deben amarrarse con fibra o tratar de entrelazarlas entre sí para lograr sostenerlas en el tutorado, lo cual causa que gran cantidad de tallos queden sin tutorar. La arquitectura de la planta obtenida bajo este sistema no permite un adecuado manejo del cultivo, pues las plantas forman copas muy desniveladas y con un crecimiento muy desigual.

En zonas de ladera existe una modificación al sistema de espaldera. Consiste en la colocación de dos postes de madera con terminación en horqueta, de 1 m de altura sobre el suelo, a 2 m de distancia entre sí y ubicados en la parte baja de la pendiente del surco, aproximadamente a 50 cm. En la parte superior de los postes (horquetas) se tiende una vara de madera de aproximadamente 2 a 3 pulgadas de grueso, sobre la cual se recuesta la planta una vez alcanza la altura del tutorado (figura 2.73). Por lo general, con este sistema se pueden tutorar dos plantas sembradas a 2 m dentro de los postes.



Foto: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 2.73. Sistema de tutorado tradicional, aún utilizado en cultivos poco tecnificados.

Espaldera doble o de cama

Consta de dos espalderas sencillas (un hilo) o compuestas (dos o tres hilos), ubicadas a cada lado del surco y separadas 1,2 m la una de la otra. Dado que los postes de las espalderas se ubican cada 6 m, entre estos se siembran tres plantas. El alambre inferior se puede reemplazar por hilo terlenka o fibra de polipropileno, lo cual rebaja los costos de instalación. Bajo este sistema se procura dejar en promedio unos diez tallos primarios, los cuales se direccionan a lado y lado de los alambres de las espalderas para crear una arquitectura más uniforme y equilibrada de la planta, lo que facilita todas las prácticas del cultivo. Por esta razón las espalderas dobles son más aconsejables que las espalderas sencillas o compuestas (figura 2.74) (Franco & Giraldo, 2001).



Foto: Germán Franco

Figura 2.74. Sistema de tutorado en espaldera doble o de cama.

La tabla 2.4 muestra la producción de espalderas tipo doble y sencilla, comparadas con el sistema de siembra tradicional del agricultor. Se observan las mejores producciones en el sistema de espaldera doble.

Tabla 2.4. Rendimientos mensuales en kilogramos por hectárea para tres sistemas de tutorado en mora (Riosucio, Caldas, 1996)

Sistema	Rendimiento	Rendimiento proyectado a un año
	(kg/mes)	(t/ha)
Postrado	630	7,6
Espaldera sencilla con un alambre	750	9
Espaldera doble con dos alambres	1.230	14,8

Fuente: Elaboración propia con base en Franco et al. (1996a)

Espaldera compuesta en T

En este sistema se clavan los postes sobre el surco, cada tres o cuatro plantas. En cada poste, a 1,5 m de altura, se coloca un travesaño (que debe medir 80 cm de largo) (figura 2.75), en el cual se apoyará un alambre en cada extremo. A 60 cm del suelo se puede colocar un hilo provisional de terlenka o de fibra de polipropileno que sirve para soportar los tallos primarios emergentes, mientras la planta alcanza los alambres de la T. Las plantas se separan unas de otras con alambre (quemado) o con hilo terlenka, asemejando un cajón. Este sistema presenta la dificultad de tener que sostener la planta en los primeros estados, con hilos provisionales, con el agravante de que durante el desarrollo del cultivo los tallos que emergen de la base de la planta pueden quedar sin tutorado y constantemente hay que tratar de direccionarlos hasta el alambre superior, esto incrementa la mano de obra y por ende los costos de producción (Franco & Giraldo, 2001).



Foto: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 2.75. Espaldera compuesta en T.

Espaldera compuesta en doble T

Sistema similar al anterior en donde la primera T se coloca a 60-80 cm del suelo con un ancho de 60 cm y la segunda T, a 1,4 o 1,5 m del suelo con 80 cm de ancho (figuras 2.76a y 2.76b). El alambre de la primera T puede ser de calibre menor o reemplazarse por fibra sintética de alta resistencia (hilo terlenka). Los estacones usados en estos sistemas deben asegurarse con pie de amigo en los extremos y algunos en el centro. El pie de amigo puede reemplazarse colocando el primer y último poste en forma oblicua para que ofrezcan una resistencia contraria a la que realiza el alambre. El tutorado se debe instalar entre el tercero y cuarto mes después de la siembra (Franco & Giraldo, 2001).



Fotos: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 2.76. Sistema de tutorado compuesto en doble T. a. En guadua; b. En madera.

El tutorado en doble T ha demostrado ser eficiente en el cultivo de la mora, pues su construcción en forma de V facilita el direccionamiento de las ramas de la planta hacia ambos lados de la espaldera, lo que facilita las labores de cultivo. Además, resulta ser más económico que la espaldera doble o de cama, puesto que la doble T lleva solo un poste entre las plantas, mientras que el otro lleva dos. El efecto del tipo de espaldera sobre la producción es marcado como lo muestra la tabla 2.5, donde se evidencia que la espaldera en doble T presentó mejores promedios de producción que el sistema de espaldera sencilla y el de chiquero, usualmente empleados por los agricultores (Franco et al., 1996a).

Tabla 2.5. Rendimientos en kilogramos/planta para tres sistemas de tutorado en mora durante 14 semanas de producción (Rionegro, Antioquia, 1995)

Sistema de tutorado	Producción kg/planta
Espaldera doble T	4,75 a*
Espaldera sencilla	3,95 b
Chiquero	3,50 b

* Duncan 5 %

Fuente: Elaboración propia con base en Castro et al. (1995)

Cosecha

En esta etapa el fruto alcanza el estado de madurez adecuado para su comercialización. Cuando las plantas son producidas vegetativamente por acodos o estacas, transcurridos entre 7 y 9 meses después del trasplante, se efectúa la primera cosecha y, a partir de los 18 meses, se llega a plena producción con rendimientos hasta de 20 t/ha. Grijalba, Calderón y Pérez (2010) encontraron que la producción de mora con espinas en Cajicá, Cundinamarca, fue de 23,8 t/ha, mientras que en mora sin espinas esta fue de 20,8 t/ha, durante 27 semanas de cosecha; dichas producciones son considerablemente superiores al rendimiento nacional que para 2015 era de 8,5 t/ha (Agronet, 2017). De acuerdo con el Plan Frutícola Nacional [PFN] (2006), la mora tiene un potencial productivo de 25 t/ha.

En mora la cosecha se realiza prácticamente durante todo el año, desde cuando la planta empieza la producción; por lo general, las cosechas principales coinciden con las épocas secas (figura 2.77), aunque con el uso de sistemas de riego es posible programarlas, para obtener fruta en forma más regulada durante todo el año. La

recolección del fruto es tal vez la etapa de mayor cuidado en el cultivo y consiste en seleccionar individualmente cada fruto con el estado de madurez adecuado. La cosecha es una labor difícil que requiere mucha mano de obra y mucho cuidado, puesto que los frutos maduran en forma desuniforme; además, en el caso de plantas con espinas esta labor es más dispendiosa. Las tablas 2.6 y 2.7 muestran la oferta de mora por departamento en Colombia (Escobar, 2015).

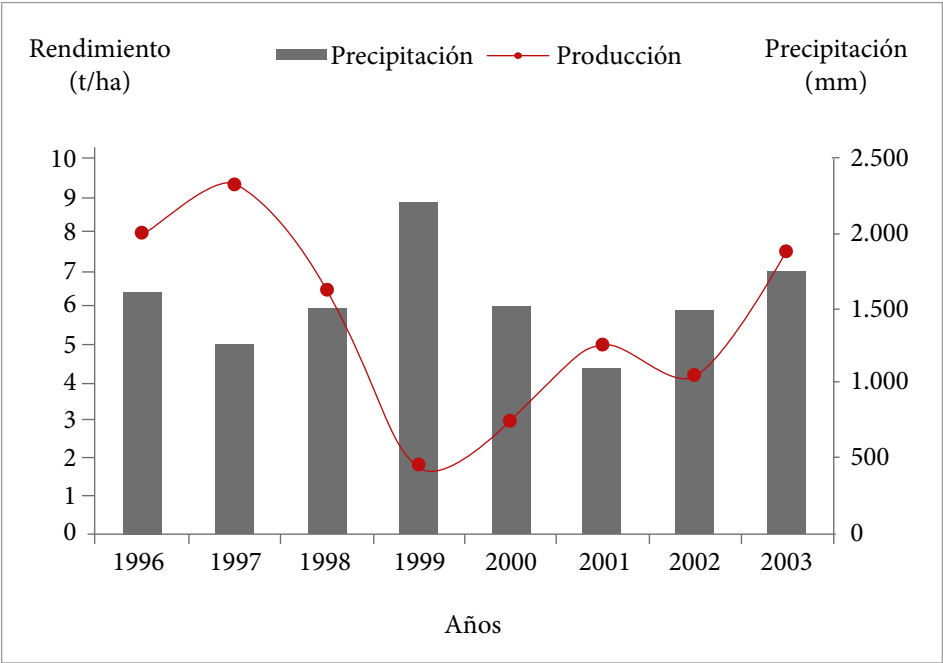


Figura 2.77. Producción de mora en el Eje Cafetero colombiano, en función de la precipitación, durante ocho años de evaluación (1996-2003).
Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.6. Distribución de la oferta de mora en Colombia

Mes	Departamento							
	Cundinamarca	Santander	Huila	Antioquia	Valle	Tolima	Risaralda	Caldas
Enero								
Febrero								
Marzo								
Abril								
Mayo								
Junio								
Julio								
Agosto								
Septiembre								
Octubre								
Noviembre								
Diciembre								

Oferta abundante 
Oferta estable 
Oferta baja 

Fuente: Elaboración propia con base en Escobar (2015)

Tabla 2.7. Épocas de oferta de mora en Colombia

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Oferta												

Oferta alta 
Oferta media 
Oferta baja 

Fuente: Elaboración propia con base en Castañeda (s. f.)

Referencias

- Angulo, A., Rosero, R., & González, M. (2012). Estudio etnobotánico de las plantas medicinales utilizadas por los habitantes del corregimiento de Genoy, Municipio de Pasto, Colombia. *Universidad y Salud*, 14(2), 168-185.
- Angulo, R. (2003). *Frutales exóticos de clima frío moderado*. Bogotá, Colombia: Bayer Crop Science S. A.
- Antonius, K., & Nybom, H. (1995). Discrimination between sexual recombination and apomixis/automixis in a *Rubus* plant breeding programme. *Hereditas*, 123(3), 205-213.
- Asker, S., & Jerling, L. (1992). *Apomixis in plants*. Boca Ratón, EE. UU.: CRC Press, Inc.
- Avilán, L., Leal, F., & Bautista, D. (1992). *Manual de fruticultura. Principios y manejo de la producción*. Caracas, Venezuela: Editorial América.
- Ballington, J. R., Luteyn, J. L., Thompson, M. M., Romoleroux K., & Castillo R. (1993). *Rubus* and Vacciniaceous germplasm resources in the Andes of Ecuador. *Plant Genetic Resources Newsletter*, 93, 9-15.
- Bautista, D. (1977). Observaciones sobre el cultivo de la mora (*Rubus glaucus* Benth.) en los Andes venezolanos. *Agronomía Tropical*, 27(2), 253-260.
- Bautista, D. (1978). Efectos de la distancia de siembra y la posición en la inflorescencia sobre el tamaño del fruto de la mora (*Rubus glaucus* Benth). *Agronomía Tropical*, 28(1), 55-60.
- Bautista, D., Figueredo, C., & Salas, A. (1973). La mora, un cultivo para la zona alta de los Andes. En Colegio de Ingenieros de Venezuela (Ed.), *Memorias del II Seminario Nacional de Fruticultura* (pp. 333-348). Caracas, Venezuela: Autor.
- Bentham, G. (1839). *Plantas hartwegianas imprimis mexicanas*. Londres, Reino Unido: The Linnean Society of London.
- Bernal, J., & Díaz C. (2005). *Tecnología para el cultivo de la curuba*. Medellín, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Bernal, J., & Díaz, C. (2006). *Materiales locales y mejorados de tomate de árbol, mora y lulo sembrados por los agricultores y cultivares disponibles para su evaluación en Colombia* (Boletín divulgativo N.º 7). Bogotá, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Bernal, J., & Díaz, C. (2014). Manejo del cultivo. En Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [Corpoica] (Ed.), *Actualización tecnológica y buenas prácticas agrícolas (BPA) en el cultivo de aguacate* (pp. 10-151). Medellín, Colombia: Corpoica.

- Bernal, R., Galeano, G., Rodríguez, A., Sarmiento, H., & Gutiérrez, M. (2017). *Nombres comunes de las plantas de Colombia*. Recuperado de <http://www.biovirtual.unal.edu.co/nombrescomunes/>.
- Botero, M., Rivillas, C., Franco, G., & Saldarriaga, A. (2006). *Micorrizas arbusculares en frutales de clima frío* (Plegable divulgativo). Colombia: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé), Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Broome, O. C., & Zimmerman, R. H. (1978). *In vitro* propagation of blackberry. *HortScience*, 13, 151-153.
- Cancino-Escalante, G., Barbosa, D., & Díaz, C. (2012). Diversidad genética de especies silvestres y cultivadas de *Rubus* L. de los municipios de Pamplona y Chitagá, región nororiental de Colombia. *Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, 10(1), 80-89.
- Cancino-Escalante, G., Quevedo, E., Villamizar, C., & Díaz, C. (2015). Propagación in vitro de materiales seleccionados de *Rubus glaucus* Benth. (mora de Castilla) en la provincia de Pamplona, región nororiental de Colombia. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 17(2), 7-15.
- Cancino-Escalante, G., Sánchez-Montaña, L., Quevedo-García, E., & Díaz-Carvajal, C. (2011). Caracterización fenotípica de accesiones de especies de *Rubus* L. de los municipios de Pamplona y Chitagá, región nororiental de Colombia. *Universitas Scientiarum*, 16(3), 219-233.
- Casierra-Posada, F., & Aguilar-Avendaño, O. (2008). Respuestas fisiológicas y morfológicas de plantas de mora (*Rubus* sp.) sometidas a estrés por viento inducido. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 2(1), 43-53.
- Castañeda, N. (s. f.). Menú de temporada. *Catering*, 5(27), 46-50. Recuperado de <https://www.yumpu.com/es/document/read/43711405/informe-alimentos-perecederos-cateringcomco>
- Castellanos, P., & Botero, R. (2003). *Producción de mora (Rubus glaucus Benth.) con tutores vivos*. Manizales, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Castro, D., Arenas, R., Gutiérrez, E., Ayala, F., González, M., & Loaiza C. (1995). *Comportamiento y rendimiento de plantas de mora (Rubus glaucus Benth.) producidas in vitro en tres sistemas de tutorado* (Serie: Investigaciones, N.º 11). Rionegro, Colombia: Universidad Católica de Oriente.
- Castro, D., & Gaviria, B. (1995). *Propagación in vitro de especies del género Rubus* (Serie: Investigaciones, N.º 10). Rionegro, Colombia: Universidad Católica de Oriente.

- Clavijo, J., & Pedraza, J. (2004). *Caracterización de la mora de Castilla sin espinas* (Trabajo presentado por los instructores de agricultura SENA al comité técnico pedagógico). Armenia, Colombia: Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), Regional Quindío.
- Córdoba, O., Londoño, J., & Bernal, J. (1998). *Evaluación de seis materiales de mora (Rubus spp.) bajo condiciones de clima frío moderado*. Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.12324/17724>
- Corporación Colombia Internacional (CCI). (1999a). Avances en la investigación sobre frutales: la mora. *Exótica - Desarrollo tecnológico*, 12(3), 18-19.
- Cortés, G., & Ruiz, C. (1978). *Comercialización de la mora de Castilla* (Tesis de pregrado). Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia.
- Corzo, J. (1995). *Mora: guía de producción, manejo poscosecha y mercadeo de mora*. Ciudad de Guatemala, Guatemala: Asociación Gremial de Exportadores de Productos no Tradicionales.
- Culbert, D. (s. f.). *Rubus adenotrichos*. Reproducida de acuerdo con los términos de la licencia cc <https://creativecommons.org/licenses/by/2.0/>. Recuperado de <https://www.flickr.com/photos/92252798@N07/14774085968/>.
- Darrow, G. (1955). Blackberry-Raspberry Hybrids. *Journal of Heredity*, 46(2), 67-71.
- Díaz, C. (2011). *Categorización de la latencia en semillas de mora (Rubus glaucus Benth.), para el apoyo a programas de mejoramiento y conservación de la especie* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.
- Eraso, B. (1982). *El cultivo de mora de Castilla* (Cartilla divulgativa n.º 13). Bogotá: Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).
- Erazo, B. (1988). Análisis agroclimático para la producción de frutales caducifolios en Colombia. En R. Salazar (Ed.), *Memorias del Primer Curso Nacional de Frutales de Clima Frío*. Medellín, Colombia: Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).
- Escobar, C. (2015). *Cadena productiva nacional de la mora. Indicadores de apoyo*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Recuperado de <https://sioc.minagricultura.gov.co/Mora/Documentos/002%20-%20Cifras%20Sectoriales/Cifras%20Sectoriales%20%E2%80%93%202015%20Marzo.pdf>
- Escobar, R. (1988). *El cultivo de la mora (Rubus glaucus Benth.)*. Recuperado de <http://bit.ly/2D3Zzz0>.
- Escoto, A. (1994). *El cultivo de la mora*. Cartago, Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- Espinal, L. (1986). *Zonas de vida en Colombia*. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

- Espinosa, N., Medina, C., & Lobo, M. (2009). Identificación taxonómica de las especies del género *Rubus* presentes en la colección colombiana de mora. En L. S. Barrero (Ed.), *Caracterización, evaluación y producción de material limpio de mora con alto valor agregado* (pp. 25-33). Bogotá, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.
- Federación Nacional de Cafeteros (FNC). (1992). *El cultivo de la mora de Castilla* (cartilla divulgativa). Colombia: FNC.
- Fischer, G. (2000). Ecofisiología en frutales de clima frío moderado. En *Memorias del III Seminario de Frutales de Clima Frío Moderado*. Manizales, Colombia: Centro de Desarrollo Tecnológico de Frutales, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Focke, W. (1910). Species Ruborum. Monographiae generis Rubi prodromus. En *Bibliotheca Botanica* (pp. 1-120). Stuttgart, Alemania: Stuttgart, E. Schweizerbart.
- Focke, W. (1911). Species Ruborum. Monographiae generis Rubi Prodromus. En *Bibliotheca Botanica* (pp. 121-223). Stuttgart, Alemania: Stuttgart, E. Schweizerbart.
- Focke, W. (1914). Species Ruborum. Monographiae generis Rubi Prodromus. En *Bibliotheca Botanica* (pp. 1-274). Stuttgart, Alemania: Stuttgart, E. Schweizerbart.
- Franco, G., Bernal, J., Gallego, J., Rodríguez, J., Guevara, N., & Londoño, M. (1996a). Agronomía del cultivo de la mora. En *Memorias del I Seminario de Frutales de Clima Frío Moderado*. Manizales, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Franco, G., Gallego, J., Rodríguez, J., Guevara, N., & Morales, J. (2001). *Encuentro por producto: Mora*. Huila, Colombia: Corporación Colombia Internacional y Gobernación del Huila.
- Franco, G., & Giraldo, M. (2001). *El cultivo de la mora*. Manizales, Colombia: Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.
- Franco, G., & Giraldo, M. (2002). *El cultivo de la mora*. Manizales, Colombia: Corpoica.
- Franco, G., Rodríguez, J., & Giraldo, M. (2005). *Las podas en el cultivo de la mora* (recomendaciones técnicas). Manizales, Colombia: Fondo para la acción ambiental (FAA), Corporación autónoma regional del Valle del Cauca (CVC), Fundación Smurfit, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Franco, G., Rodríguez, J., & Guevara, N. (1996b). Propagación por estaca modificada. En *Memorias del I Seminario de Frutales de Clima Frío Moderado*. Manizales, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), Banco Ganadero, Universidad de Caldas.

- Frankel, R., & Galun, E. (1977). Pollination mechanisms, reproduction, and plant breeding. Berlín, Alemania: Springer-Verlag.
- Gallardo, I., & Cuadra, J. (2009). *Producción de mora híbrida (zarzamora)*. Recuperado de http://www.abcagro.com/frutas/frutas_tradicionales/mora_hibrida.asp#1.10
- Galvis, J., & Herrera, A. (1995). *La mora: manejo poscosecha*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA).
- García, C., & García, H. (2001). *Manejo cosecha y postcosecha de mora, lulo y tomate de árbol*. Bogotá, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Gattoni, L. (1962). Una mora silvestre cultivada. *Agricultura en el Salvador*, 3(3), 3-8.
- Gómez, L., Arango, L., Franco, G., Gómez, C., & Cayón, G. (2000). Estudio de la competencia entre las arvenses y el cultivo de la mora (*Rubus glaucus* Benth.) en la zona de Manizales Caldas. En *Memorias del III Seminario de Frutales de Clima Frío Moderado*. Manizales, Colombia: Centro de Desarrollo Tecnológico de Frutales.
- Gómez, L., Guerra, D., Jaramillo, J., & Bernal, J. (2000). Uso de la solarización como tratamiento de desinfección de suelo para semilleros de frutales y hortalizas en clima frío moderado. En *Memorias del III Seminario de Frutales de Clima Frío Moderado*. Manizales, Colombia: Centro de Desarrollo Tecnológico de Frutales.
- Graber, U. (1997). *Fenología de los cultivos: mora de Castilla (Rubus glaucus B.) y babaco (Carica pentagona H.)* (1.^a ed.). Quito, Ecuador: Zollikofen Colegio Suizo de Ingeniero de Agricultura.
- Graham, J., Squire, G., Marshall, B., & Harrison, R. (1997). Spatially dependent genetic diversity within and between colonies of wild raspberry *Rubus idaeus* detected using RAPD markers. *Molecular Ecology*, 6(11), 1001-1006.
- Grijalba, C., Calderón, L., & Pérez, M. (2010). Rendimiento y calidad de la fruta en mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth.), con y sin espinas, cultivada en campo abierto en Cajicá. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 6(1), 24-41.
- Gustafsson, A. (1942). The origin and properties of the European blackberry flora. *Hereditas*, 28(3-4), 249-277.
- Gustafsson, A. (1943). *The genesis of the European blackberry flora*. Suecia: Lunds Universitet Ars-Skrif.
- Gutiérrez, G. (1970). *Manual práctico de botánica taxonómica* (1.^a ed., T. 2). Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Holdridge, L. R. (1967). *Life zone ecology*. Recuperado de <http://bit.ly/2EHaijQ>.
- Hummer, K. (1996). *Rubus* diversity. *HortScience*, 31, 182-183.

- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2011). *Manejo fitosanitario del cultivo de la mora (Rubus glaucus Benth.). Medidas para la temporada invernal*. Bogotá, Colombia: ICA.
- Jennings, D. L. (1998). *Raspberries and blackberries: their breeding, diseases and growth* (1.^a ed.). Nueva York, Estados Unidos: Academic Press.
- Kader, A. (2011). *Postharvest technology of horticultural crops* (3rd ed.). California, Estados Unidos: Universidad de California.
- Kalkman, C. (2004). Rosaceae. En K. Kubitzki (Ed.), *The families and genera of vascular plants* (pp. 343-386). Berlin, Alemania: Springer-Verlag.
- Kays, S. (1999). Preharvest factors affecting appearance. *Postharvest Biology and Technology*, 15(3), 233-247.
- Kramer, P. (1989). *Relaciones hídricas de suelo y plantas: una síntesis*. Ciudad de México, México: Editorial Harla.
- López, J., Marulanda, M., & López, A. (2009). Comportamiento agronómico y adaptabilidad de materiales élite de *Rubus glaucus* Benth. sin aguijones en dos municipios del departamento de Risaralda, Colombia. *Revista Unisarc*, 7(1), 14-29.
- Marmolejo, D. (2010). *Evaluación de apomixis en germoplasma seleccionado de mora de Castilla Rubus glaucus Benth.* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Valle del Cauca, Colombia.
- Martínez, A., & Beltrán, O. (2007). *Manual del cultivo de la mora de Castilla (Rubus glaucus B.)* (1.^a ed.). Ambato, Ecuador: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).
- Marulanda, M. & López, A. (2009). Characterization of thornless *Rubus glaucus* in Colombia. *Canadian Journal of Pure and Applied Sciences*, 3(3), 875-885.
- Marulanda, M., López, A., & Aguilar, S. (2007). Genetic diversity of wild and cultivated *Rubus* species in Colombia using AFLP and SSR markers. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 7, 242-252.
- Marulanda, M., López, A., López, J., Isaza, L., Gómez, L., & Arias, J. (2011). *Resultados de investigaciones en mora de Castilla: una aplicación para el agricultor (2008-2011)*. Pereira, Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira (UTP).
- McGregor, S. (2009). *Small fruits and brambles*. Tucson, Arizona, Estados Unidos: Agricultural Research Service Western Region.
- Mesa, C., & Rivera, C. (1996). *Evaluación de diferentes materiales plásticos en la solarización de suelos para semilleros* (Tesis de pregrado). Universidad Católica de Oriente, Rionegro, Colombia.

- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR). (2005). *La industria procesadora de frutas y hortalizas en Colombia*. Recuperado de <http://bit.ly/2uzmWM7>.
- Miranda, P. (1976). *El cultivo de la mora de Castilla (Rubus glaucus Benth.)* (Tesis de pregrado). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia.
- Molina, M. (1998). Microestacas pregerminadas, una alternativa de propagación de la mora. En *Memorias del II Seminario de Frutales de Clima Frío Moderado*. Manizales, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Monroy, E., & Ávila, R. (1985). *Producción y mercadeo de la mora de Castilla en la región de Florida, Cundinamarca* (Tesis de pregrado). Universidad de la Salle, Bogotá, Colombia.
- Moreno, M., Villarreal, D., Lagos, T. C., Ordoñez, H., & Criollo, H. (2011). Caracterización “in situ” de genotipos silvestres y cultivados de mora *Rubus* spp. en el municipio de Pasto. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 28(2), 109-128.
- Morillo, A., Morillo, Y., Muñoz, J., Vásquez, H., & Zamorano, A. (2005). Caracterización molecular con microsatélites aleatorios RAMs de la colección de mora, *Rubus* spp., de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. *Acta Agronómica*, 54(2), 15-24.
- Muñoz, J., Morillo, A., & Morillo, Y. (2008). Microsatélites Amplificados al Azar (RAM) en estudios de diversidad genética vegetal. *Acta Agronómica*, 57(4), 219-226.
- Murashige, T., & Skoog, T. (1962). A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. *Physiologia Plantarum*, 15(3), 473-497.
- Obregón, R. (1969). Algunas enfermedades de la mora, el guamo, la cabuya y la cebolla. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 26(67), 3-18.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2016). *Inversión en el sector hortofrutícola en Colombia*. Bogotá, Colombia: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Procolombia. Recuperado de <http://es.slideshare.net/pasante/inversin-en-el-sector-hortofruticola-en-colombia>
- Patiño, V. (2002). *Historia y dispersión de los frutales nativos del neotrópico*. Santiago de Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical.
- Peña, P. (1993). *Análisis técnico-socioeconómico de la producción de mora en el departamento de Cundinamarca* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

- Percifal, M. (1946). Observations on the flowering and nectar secretion of *Rubus fruticosus* (agg.). *New phytologist*, 45(1), 111-123.
- Pérez, E. (1956). *Plantas útiles de Colombia*. Bogotá, Colombia: Bogotá DAMA, Fondo FEN, Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis.
- Plan Frutícola Nacional (PFN) (2006). *Diagnóstico y análisis de los recursos para la fruticultura en Colombia* (1.^a ed.). Santiago de Cali, Colombia: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), Fondo Nacional de Fomento Hortofrutícola (FNFH), Asociación Hortofrutícola de Colombia (Asohofrucol), Sociedad de Agricultores y Ganaderos del Valle del Cauca (SAG).
- Popenoe, W. (1920). The Colombian berry or giant blackberry of Colombia. *Journal of Heredity*, 11(5), 195-203.
- Popenoe, W. (1921). The Andes berry. *Journal of Heredity*, 12(9), 387-393.
- Popenoe, W. (1924). Economic fruits-bearing plants of Ecuador. *Contributions from the United States National Herbarium*, 24(5), 101-134.
- Popenoe, W. (1926). Round about Bogota: A hunt for new fruit and plants among the mountain forest of Colombia's unique capital. *National Geographic Magazine*, 49(2), 127-160.
- Popenoe, W. (1969). *Las moras y frutas afines*. (Boletín Informativo de Fruticultura N.º 75). Antioquia, Colombia: Secretaría de Agricultura de Antioquia.
- Popenoe, H., King, S., León, J., & Kalinowski, L. (1989). *Lost crops of the Incas: little known plants of the Andes with promise for worldwide cultivation* (1.^a ed.). Washington D.C., Estados Unidos: National Academy Press.
- Potter, D., Eriksson, T., Evans, R., Oh, S., Smedmark, J., Morgan, D., ... Campbell, C. (2007). Phylogeny and classification of Rosaceae. *Plant Systematics and Evolution*, 266(1-2), 5-43.
- Ramírez, A. (1989). *Estudios preliminares para la propagación clonal in vitro de mora (Rubus glaucus)* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Ramírez, M., Roveda, G., Bonilla, R., Cabra, L., Peñaranda, A., López, M., ... Díaz, C. (2008). *Uso de microorganismos con potencial como biofertilizantes en el cultivo de mora*. Bogotá, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Red de Información y Comunicación del Sector Agropecuario Colombiano (Agronet) (2017). *Área, producción y rendimiento nacional por cultivo*. Bogotá, Colombia: Agronet, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR). Recuperado de <http://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/default.aspx>

- Rivera, D., Linares, E., Carrizosa, M., & Ramírez C. (1997). Conservación de germoplasma de moras silvestres (*Rubus* spp.) de la cuenca del río El Palmar, municipio de Ubaque (Cundinamarca, Colombia). I: Distribución y ecología. *Plant Genetic Resources Newsletter*, 111, 40-52.
- Robertson, K. (1974). The genera of Rosaceae in the southeastern United States. *Journal of the Arnold Arboretum*, 55(3), 344-401.
- Romero, R. (1961). *Frutas silvestres de Colombia* (1.^a ed.). Bogotá, Colombia: Editorial San Juan Eudes.
- Romero, R. (1991). *Frutas silvestres de Colombia* (2.^a ed.). Bogotá, Colombia: Editorial ABC.
- Romoleroux, K. (1992). Rosaceae in the paramos of Ecuador. En H., Balslev & H. Luteyn, J. (Eds.) *Paramo: An Andean ecosystem under human influence* (pp. 85-94). Londres, Reino Unido: Academic Press.
- Romoleroux, K. (1996). *Rosaceae. Flora of Ecuador* 56. Aarhus, Dinamarca: Aarhus University Press.
- Santana, G., & Echeverri, M. (2000). Estudio preliminar de biología floral en mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth.). En *Memorias del III Seminario de Frutales de Clima Frío Moderado*. Manizales, Colombia: Centro de Desarrollo Tecnológico de Frutales.
- Schulze, E. D., Beck, E., & Müller-Hohenstein, K. (2005). *Plant ecology* (1st ed.). Heidelberg, Alemania: Springer-Verlag.
- Sigarroa-Rieche, K., & García-Delgado, C. (2011). Establecimiento y multiplicación in vitro de mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth.) variedad sin espinas, mediante ápices meristemáticos. *Acta Agronómica*, 60(4), 347-354.
- Skirvin, R., Chu, M., & Gomez, E. (1981). *In vitro* propagation of thornless trailing blackberries. *HortScience*, 16(3), 310-312.
- Spies, J. J., & Du Plessis, H. (1984). The genus *Rubus* in South Africa. I. Chromosome numbers and geographical distribution of species. *Bothalia*, 15(3-4), 591-596.
- Tamaro, D. (1964). *Fruticultura*. Barcelona, España: Editorial Aguilar S. A.
- Thompson, M. (1995). Chromosome number of *Rubus* species at the National Clonal Germplasm Repository. *HortScience*, 30(7), 1447-1452.
- United States Department of Agriculture (USDA). (2017). *Rubus glaucus* Benth. Andes Berry Classification. In *Plant Data Base. Natural Resources Conservation Service*. Recuperado de <https://plants.usda.gov/core/profile?symbol=RUGL5>.
- Uribe, J. (1940). *Flora de Antioquia* (1.^a ed.). Medellín, Colombia: Imprenta Departamental.

- Vargas, W. (2002). *Guía ilustrada de las plantas de las montañas del Quindío y los Andes centrales* (1.^a ed.). Manizales, Colombia: Universidad de Caldas y Corporación Autónoma Regional del Quindío.
- Vásquez, R., Ballesteros, H., Castañeda, S., Riveros, L., Ortega, C., & Calvo, N. (2011). *Polinización dirigida con abejas Apis mellifera: Tecnología para el mejoramiento de la producción de cultivos con potencial exportador*. Bogotá, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Vásquez, R., Ballesteros, H., Muñoz, C., & Cuéllar, M. (2006). *Utilización de la abeja Apis mellifera como agente polinizador de cultivos comerciales de fresa (Fragaria chiloensis) y mora (Rubus glaucus) y su efecto en la producción*. Colombia: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Vélez, I., Tatum, W., & Jaramillo, R. (1967). La mora de Castilla. *Revista Agrícola*, 14(5), 29-31.
- Wagner, W., Herbst, D., & Sohmer, S. (1999). *Manual of the flowering plants of Hawaii* (3rd. ed.). Honolulu, Hawaii, USA: University of Hawaii and Bishop Museum Press.
- Whitton, J., Sears, C., Baack, E., & Otto, S. (2008). The dynamic nature of apomixis in the angiosperms. *International Journal of Plant Sciences*, 169(1), 169-182.
- Winton, L. (1935). *Vegetables, legumes and fruits. Structure and composition of foods* (1st ed.). Nueva York, Estados Unidos: John Wiley & Sons.
- Zamorano, A., Morillo, A., Morillo, Y., Muñoz, J., & Vásquez, H. (2007). Caracterización morfológica de mora en los departamentos de Valle del Cauca, Cauca y Nariño de Colombia. *Acta Agronómica*, 56(2), 51-60.
- Zasada, J., & Tappeiner, III J. (2003). *Rubus L. blackberry, raspberry. Rosaceae Rose family. The Woody Plant Seed Manual* (1st ed.). Estados Unidos: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA). Forest Service.



Capítulo III

Nutrición y fertilización

Álvaro de Jesús Tamayo Vélez

Los suelos de la zona andina en Colombia donde se cultiva mora son considerados de baja fertilidad, porque presentan contenidos bajos en nutrientes, desbalances nutricionales, así como pH fuertemente ácidos a moderados (4,6-5,5). Los contenidos de aluminio intercambiable son menores de 3 cmol/kg, que en ocasiones puede representar hasta el 60 % de las bases intercambiables (Tamayo & Osorio, 2014). En estas regiones, de clima frío, la materia orgánica (MO) desempeña un papel preponderante en las propiedades físicas, ya que genera suelos bien estructurados y estables; contrariamente, en la parte química la MO del suelo aporta poco nitrógeno, fósforo y azufre inorgánico, a pesar de que contribuye en forma notoria en la capacidad de intercambio catiónico (CIC). Las aplicaciones de materia orgánica de rápida mineralización se han utilizado en este cultivo, debido a una mayor respuesta que la materia orgánica nativa del suelo (Marín, 1986).

Algunas características importantes de los suelos andisoles (de origen volcánico) es su alta capacidad de fijación de fosfatos y de cambio aniónico, que son responsables de los altos contenidos de alofana, esta arcilla es un mineral amorfo que presenta altos contenidos de aluminio; otra característica de estos suelos es que gran parte del potasio total es orgánico, porque la mineralización es muy baja (Tamayo & Osorio, 2014).

En la década del 70, para neutralizar la acidez del suelo, se aplicaban altas cantidades de cal agrícola, entre 20-30 t/ha. Por ello, debido a la alta lixiviación se pudo originar un desplazamiento de las bases intercambiables de la fracción arcillosa, hacia la solución del suelo; además, se amplió la relación de Ca/Mg, por tal razón es posible encontrar, en los cultivos, síntomas de deficiencia de K y Mg, así como pocas deficiencias en calcio (Tamayo & Osorio, 2014).

En cuanto a las propiedades físicas, los suelos presentan un horizonte rico en materia orgánica sobre un subsuelo pardo amarillento. Los horizontes siguientes son bajos en materia orgánica y de un color amarillento (figura 3.1); las propiedades físicas como la estructura, textura y la baja densidad aparente dieron origen a una porosidad total alta, buena distribución de macro y micro poros, lo que permite una buena retención de humedad y, por ende, un buen desarrollo del sistema radical. En este primer horizonte encontramos texturas medias como las francas, franco limosas y franco arcillosas. En general, son suelos que se dejan preparar, son friables y fáciles en la mecanización. Los horizontes más profundos (B y C) tienen más limitaciones físicas y, por ello, no permiten un buen desarrollo de las raíces a profundidades mayores de 50 cm. Este fenómeno es común en los suelos planos aluviales (Muñoz, 1998).



Foto: Álvaro Tamayo

Figura 3.1. Perfil de un suelo característico de la zona andina colombiana donde se cultiva mora.

Funciones que cumplen los elementos nutritivos en el metabolismo de las plantas

Las funciones de los elementos nutritivos han sido descritas por varios autores (Devlin, 1982; Marín, 1986; Guerrero, 1996; Salisbury & Ross, 1994), tal como se señala a continuación:

Nitrógeno (N)

El N es constituyente de la clorofila, los aminoácidos, amidas, proteínas, ácidos nucleicos, nucleótidos, isoenzimas y hexosaminas; es importante en la formación de tejido y de células nuevas (Mengel & Kirkby, 2000). El N contribuye en el crecimiento del tallo y las hojas, además interviene en la formación de frutos, y es uno de los elementos fundamentales en el crecimiento de las plantas (Salisbury & Ross, 1994).

Cuando hay un exceso de N hay crecimiento excesivo del follaje, se retarda la etapa de maduración del cultivo y tiene poco desarrollo el sistema radical, también se reduce la producción de compuestos fenólicos y de lignina, lo que disminuye la resistencia de la planta a patógenos obligados (Guerrero, 1996). En términos generales, el N ayuda en las actividades metabólicas y de síntesis de las células, que retardan la senescencia de la planta hospedera; igualmente, cuando se realizan aplicaciones excesivas de N se aumenta la concentración de amidas libres y de aminoácidos y azúcares, lo que podría favorecer el desarrollo de enfermedades y hasta el ataque de insectos plagas (Marschner, 2011).

Fósforo (P)

El P es constituyente de fosfolípidos, vitaminas, ácidos nucleicos, coenzimas, NAD y NADP y forma parte de la molécula de ATP, que es el compuesto almacenador de energía de la planta; por ello el P es considerado el elemento clave en la vida de los vegetales (Potash & Phosphate Institute [PPI], 1999). Además, este elemento es fundamental en el desarrollo de estructuras reproductivas (flores y frutos) y participa en la formación de triosas fosfatadas, que son la base para la síntesis de sacarosa y almidón en la planta, claves en la calidad comercial e industrial del producto (Taiz & Zeiger, 2010).

El P se requiere en etapas iniciales, en las regiones de crecimiento activo; así mismo, los cambios fenológicos como la floración y fructificación requieren de P, por lo cual este elemento es transferido de los sitios en donde se ha acumulado a los sitios de nuevo crecimiento (Osorio, 2014). Los andisoles son altamente fijadores de fosfato y se cree que este potencial de fijación depende de la presencia de los materiales que hay en la fracción arcillosa, como resultado de la meteorización de la ceniza volcánica, es así como suelos dominados por complejos de humus-aluminio tienen alto potencial de adsorber P; un arma complementaria, que ayudaría a estimar la capacidad de fijación de fosfatos en suelos andisoles. En estos suelos localizados por encima de 2.000 m s. n. m. se observa una mayor acumulación de materia orgánica, debido a su baja mineralización; en observaciones en suelos andisoles en Colombia y Ecuador se puede concluir que la fijación de P está estrechamente relacionada con los contenidos de carbono en estos suelos, sobre todo por los complejos de humus-Al (Ospina, 1974; Espinosa, 1996).

Potasio (K)

El potasio es un elemento muy móvil en la planta y en el suelo, es importante en el crecimiento y en el vigor de la planta, el cual es tomado en grandes cantidades; está envuelto en todos los procesos biológicos de la planta, pero a pesar de esto no forma parte de la estructura de los compuestos orgánicos. El K es un elemento que cataliza muchos procesos, entre ellos el de la fotosíntesis; es un activador de varias enzimas que intervienen en la síntesis de proteínas, regulador del potencial osmótico de las células, es decir, tiene que ver con la absorción y transporte de agua y otros nutrientes, la turgencia celular y es regulador de la apertura y cierre de estomas, de esta manera controla la transpiración (salida de agua en forma de vapor) y regula la temperatura de la planta (Salisbury & Ross, 1994).

Calcio (Ca)

El calcio es un constituyente de la lamela de las paredes celulares. Es requerido como un cofactor por algunas enzimas involucradas en la hidrólisis de ATP y fosfolípidos; igualmente, actúa como un mensajero secundario en la regulación metabólica. Da rigidez a los tejidos y a puntos de crecimiento nuevos (Marschner, 2011).

En la conservación y calidad de los frutos, el calcio es fundamental porque con contenidos altos de este elemento resisten más el transporte, ello debido a que es constituyente de la laminilla media, lo que le da al tejido vegetal firmeza, resistencia mecánica y protección frente a fitopatógenos e insectos plaga (Salisbury & Ross, 1994).

Magnesio (Mg)

El Mg es constituyente del núcleo central de la clorofila y, por lo tanto, es requerido en el proceso de la fotosíntesis. Entre otras funciones están la de servir de enlace entre el sustrato y la molécula en la síntesis de proteína, en combinación con el ATP; estabilizar partículas ribosómicas, y actuar como activador de enzimas involucradas en la síntesis de proteínas (Gil, 1995). Es un elemento móvil en la planta, por lo que su deficiencia se presenta primero en las hojas más viejas. Durante la floración y fecundación se produce una translocación significativa del magnesio hacia los brotes y frutos (Glass, 1989).

Azufre (S)

El S es un elemento esencial para el desarrollo vegetal. La cantidad requerida por las plantas es similar a la del P y el Mg. Las funciones del S en la planta cubren los procesos de fotosíntesis, síntesis de proteínas, síntesis de clorofila y fijación de N_2 . También se ha encontrado que el S hace parte de compuestos orgánicos responsables de los aromas de algunos productos agrícolas tales como el café, la cebolla, la mostaza y el repollo, entre otros. Igualmente, el S hace parte de la ferredoxina, una proteína presente en los cloroplastos y que participa en la reducción del nitrito y del sulfato en la asimilación del nitrógeno en los nódulos de las leguminosas asociadas con bacterias fijadoras de nitrógeno (Osorio, 2014)

Funciones de los micronutrientes

Los elementos micronutrientes son también llamados elementos menores, oligoelementos o elementos traza. Cualquiera que sea su designación, es incorrecto considerarlos de menor importancia que los otros elementos mayores.

Hierro (Fe)

Las principales funciones del hierro son como componente de citocromos, peroxidasa y ferredoxina, en los cuales es responsable de reacciones redox. El hierro es un constituyente de varias enzimas y algunos pigmentos; se cree que ayuda a reducir los sulfatos y nitratos a la producción de energía dentro de la planta. Aunque el hierro no se usa en la síntesis de la clorofila (el pigmento verde de las hojas), es esencial para su formación; por esta razón, la deficiencia de hierro se manifiesta

como una clorosis en las hojas nuevas. El papel más importante y quizás el más conocido es su participación en el metabolismo, como grupo prostético del sistema citocromo; también, como regulador de la actividad del sistema enzimático para la formación de la protoclorofila. De la misma forma, interviene en reacciones de óxido-reducción, tanto en hemoproteínas (citocromos, leghemoglobina, catalasa, peroxidasa, superóxido dismutasa), como en proteínas no-hémicas con enlace Fe-S, en ferredoxina y enzimas reductasa, nitrogenasa y sulfato y nitrito reductasa (Epstein & Bloom, 2005; Taiz & Zeiger, 2010; Marschner, 2011).

Manganeso (Mn)

El manganeso (Mn) es un importante micronutriente para las plantas y, después del hierro, es el que los vegetales requieren en mayor cantidad. Su función principal es la de ser activador de enzimas, esencial en la fotólisis del agua; también influye directamente sobre la fotosíntesis, participando en la formación de los cloroplastos. Es un componente importante de la biosíntesis de los ácidos grasos. Así mismo, se ha demostrado que influye en la reserva energética a través del control del metabolismo de carbohidratos (Taiz & Zeiger, 2010).

Igualmente, se cree que puede generar resistencia a la planta contra algunos patógenos al inhibir la enzima fentin-metilesterasa, la cual es la encargada de iniciar el proceso de la penetración del patógeno, además aumenta la formación de raíces laterales y activa el crecimiento de la planta al influir sobre el desarrollo y la extensión celular (Epstein & Bloom, 2005).

Cobre (Cu)

Entre las funciones principales del cobre están: ser componente de diversas enzimas que intervienen en la nutrición de las plantas como del citocromo oxidasa (respiración) y plastocianina (fotosíntesis), superóxido dismutasa (radicales O₂), fenol oxidasa (síntesis de lignina) y responsable de reacciones redox (Salisbury & Ross, 1994; Epstein & Bloom, 2005).

Zinc (Zn)

El zinc influye en muchos de los procesos metabólicos porque actúa como un cofactor enzimático en ciertas metaloproteínas, por medio de su activación, ya sea de forma inespecífica (enolasa/glucólisis) o específica (anhidrasa carbónica); así mismo,

puede actuar como componente de diferentes enzimas como la RNA polimerasa, la cual es responsable por la catalización de la síntesis del RNA influyendo así en la formación de proteínas; el zinc también cataliza la síntesis de la fructosa-6-fosfato, la cual es un importante metabolito de la glicólisis y por lo tanto de la fotosíntesis. Se ha determinado que también es esencial para la estabilidad de los ribosomas. De la misma manera, es requerido en la síntesis del ácido indol-3 acético a partir del triptófano, el cual es importante para regular el crecimiento de la planta (actividad auxínica). También activa de forma específica la enzima glutámico deshidrogenada que está relacionada con la asimilación del amonio (NH_4^+) (Salisbury & Ross, 1994; Barker & Pilbeam, 2015).

Molibdeno (Mo)

El molibdeno cumple una importante función en el intercambio de nitrógeno en las plantas y microorganismos, es componente de la nitrato-reductasa (reducción del NO_3^-) y de la nitrogenasa (reducción de N_2 en *Rhizobios*); capacita la fijación del nitrógeno por las bacterias nodulares (*Rhizobium*, *Azotobacter*) y otros microorganismos fijadores de nitrógeno, lo que aumenta la productividad de la fijación; conjuntamente participa en los procesos de reducción de los nitratos en células vegetales, influye en la síntesis de los aminoácidos y las proteínas, y de igual forma permite una mejor utilización del nitrógeno por las plantas (Salisbury & Ross, 1994; Barker & Pilbeam, 2015).

Boro (B)

Entre las principales funciones del boro están: participar en la germinación del polen y crecimiento de tubo polínico; en la estabilidad de la estructura de la pared celular por formación de enlaces cis-diol con compuestos orgánicos, lo que controla la movilidad del agua y nutrientes a través de los haces vasculares. Entre otras funciones, fomenta la formación de carbohidratos estabilizadores de la pared celular. Participa en la mejora de la estabilidad de la membrana celular y su funcionamiento. Interviene en los procesos enzimáticos de síntesis de sacarosa y almidón, así como en el transporte de compuestos asimilados en el interior de la planta activando el ATP y manteniendo la funcionalidad del floema. De la misma manera, regula la formación de RNA (Devlin, 1982; Salisbury & Ross, 1994; Willey, 2015).

Cloro (Cl)

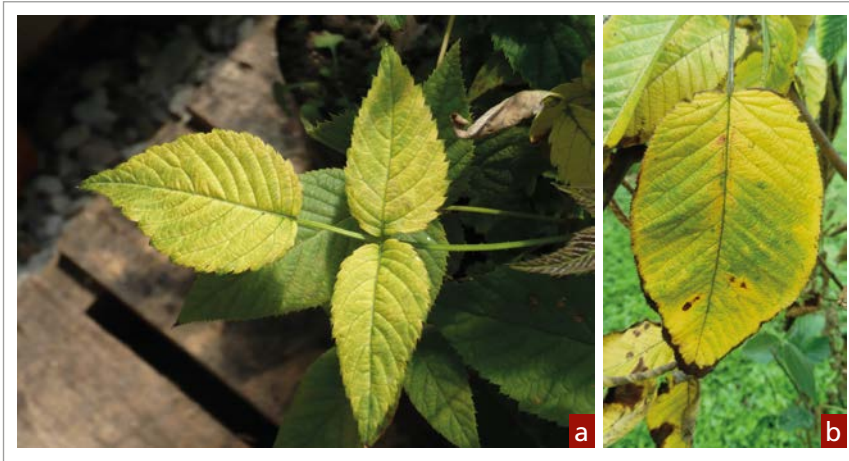
Favorece la absorción del agua al aumentar el potencial osmótico celular. Neutraliza la presencia de cationes en alta concentración dentro del jugo celular (Kass, 1998). El cloro es un cofactor esencial en la fotosíntesis, ya que actúa junto al Mn en la fotólisis del agua; también se admite que el Cl favorece la turgencia de la planta. Entre otras funciones, el Cl se requiere para la activación, al menos, de tres enzimas (amilasa, asparagina sintetasa y ATPasa del tonoplasto); además, es adecuado para el proceso de osmosis en la planta, debido a la habilidad para moverse a través de membranas celulares, unido a su baja reactividad bioquímica. De la misma forma, tiene efecto sobre la reducción significativa o eliminación de los efectos producidos por al menos 15 enfermedades foliares y radicales en diez cultivos diferentes (Salisbury & Ross, 1994; Barker & Pilbeam, 2015; Willey, 2015).

Síntomas de deficiencias

Los síntomas de deficiencias de los nutrientes en las plantas han sido descritos por varios autores. A continuación, se describen algunos encontrados en el cultivo, que coinciden con los reportados por (Castaño, Morales & Obando, 2008).

Nitrógeno (N)

La deficiencia de este elemento se manifiesta por el color amarillo del follaje; las hojas inferiores (las más viejas) son las primeras en presentar los síntomas de deficiencia, lo que consiste en su amarilleamiento (figura 3.2a) y quemazón de los ápices y de la vena principal (figura 3.2b); además, se presentan pecíolos morados o rosados, crecimiento casi nulo de las ramas, tallos color rojo o púrpura y un pobre crecimiento y desarrollo de las plantas. La deficiencia de N reduce el contenido de agua en la planta y de ahí que sus síntomas sean parecidos a los de la falta de esta (Castaño et al., 2008).



Fotos: Álvaro Tamayo

Figura 3.2. Síntomas de deficiencia de nitrógeno en mora. a. Amarillamiento de las hojas; b. Quemazón de ápice foliar.

Fósforo (P)

Su deficiencia retarda el crecimiento, produce coloración morada a rojiza de algunas hojas (figura 3.3), debido a que se acumula gran cantidad de azúcares en los tejidos, lo que ocasiona un notable aumento de los pigmentos morados llamados antocianinas. La deficiencia de P se manifiesta también por una producción de ramas látigo, hojas más débiles y quebradizas, y hojas viejas verde oscuro brillantes (Castaño et al., 2008).

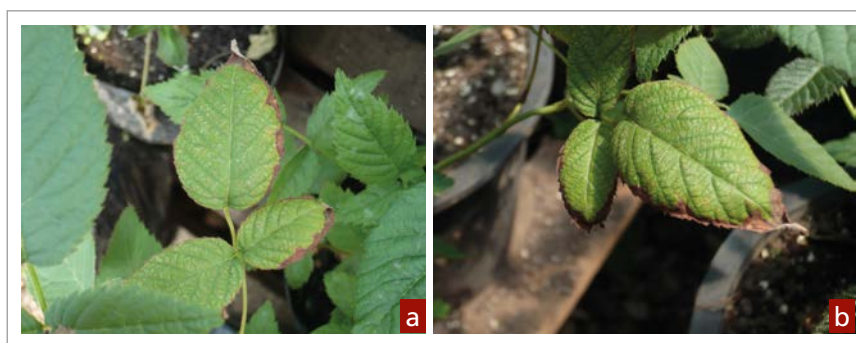


Foto: Álvaro Tamayo

Figura 3.3. Síntomas de deficiencia de fósforo en hojas de mora.

Potasio (K)

La deficiencia de K se observa primero en las hojas viejas que se entorchan hacia adentro, luego se amarillean y finalmente les aparecen las puntas quemadas a lo largo de los márgenes (figuras 3.4a y 3.4b); los entrenudos se hacen cortos y las hojas enrolladas, más aserradas que las normales, además, puede causar caída prematura de hojas y frutos (Castaño et al., 2008).



Fotos: Álvaro Tamayo

Figura 3.4. Síntomas de deficiencia de potasio en hojas de mora. a Síntoma inicial de deficiencia; b. Encrespamiento de los bordes.

Calcio (Ca)

Los síntomas de deficiencia de Ca aparecen en las hojas más jóvenes y cerca de los puntos de crecimiento de tallos y raíces. La yema terminal muere y aparecen distorsiones en el ápice de las hojas jóvenes. El crecimiento de la planta se detiene, las hojas de los brotes se enroscan y comienzan a secarse por las puntas y los bordes. Hay sobreproducción de frutos pequeños, achaparramiento de las plantas, reducción del área foliar y pobre crecimiento y desarrollo (Castaño et al., 2008).

Magnesio (Mg)

El magnesio es un elemento de fácil translocación, por lo tanto, los síntomas visuales de su deficiencia se notan en las hojas viejas. Se observa como una clorosis intervenal a lo largo de la hoja y en los tejidos más viejos (figura 3.5), los folíolos toman un color amarillo pálido uniforme, luego un color pardo y finalmente mueren. Se presenta defoliación, las hojas nuevas se quedan pequeñas y se vuelven más susceptibles a enfermedades producidas por hongos, las espinas se tornan más finas (Castaño et al., 2008).



Foto: Álvaro Tamayo

Figura 3.5. Síntomas de deficiencia de magnesio en hojas de mora.

Boro (B)

Las deficiencias de B pueden ocurrir con más frecuencia cuando la planta está creciendo, floreciendo, fructificando o durante periodos de sequía. Las hojas más jóvenes son las primeras en manifestar la sintomatología de su carencia, presentan deformaciones y coloraciones amarillentas o pardas, con hojas quebradizas y pequeñas que se doblan fácilmente. Hay deformación de frutos, los cuales se tornan de aspecto rugoso, agrietados y alargados; se presenta muerte de tallos y de ápices de las raíces, y las hojas también muestran síntomas variados que incluye engrosamiento, marchitez, rizado y presencia de moteados cloróticos (Castaño et al., 2008).

Cobre (Cu)

Hojas deficientes en Cu son a menudo de color verde oscuro (alto contenido de clorofila y proteínas); sin embargo, la eficiencia fotosintética es baja (escasa producción de carbohidratos). La carencia de Cu hace que las hojas superiores o nuevas pierdan su turgencia y rigidez y se marchiten (Castaño et al., 2008).

Hierro (Fe)

Las plantas deficientes en Fe se caracterizan por desarrollar una clorosis intervenal pronunciada (figura 3.6), similar a la causada por la ausencia de Mg, pero se presenta en las hojas más jóvenes. La carencia de Fe también se puede confundir fácilmente con la de Mn, pero la clorosis intervenal causada por la deficiencia de Fe es a menudo más clara que la ocasionada por la de Mn (Castaño et al., 2008).



Foto: Álvaro Tamayo

Figura 3.6. Síntomas de deficiencia de hierro en hojas de mora.

Manganeso (Mn)

La deficiencia de Mn produce clorosis en el tejido intervenal de las hojas más jóvenes, las venas permanecen verdes oscuras aun cuando el tejido llegue a la necrosis (Castaño et al., 2008).

Molibdeno (Mo)

Los síntomas visibles de deficiencia de Mo pueden empezar con un moteado entre las nervaduras de las hojas inferiores, seguido por clorosis marginal y la curvatura de las mismas (Castaño et al., 2008).

Zinc (Zn)

La deficiencia de Zn se manifiesta generalmente como clorosis intervenal, malformación y reducción del tamaño de brotes y hojas. Los márgenes foliares con frecuencia presentan distorsiones y pliegues. Las hojas se tornan estrechas y puntiagudas, y hay reducción de la longitud de los entrenudos (Castaño et al., 2008).

De acuerdo con el estudio realizado por Castaño et al. (2008) en soluciones nutritivas, se concluye que:

1. El Ca es el elemento que más limita el crecimiento y desarrollo de la planta de mora.
2. La ausencia de Ca limita la asimilación de N, P, Mg y Zn.
3. La ausencia de Mg incrementa los contenidos de materia seca en las plantas de mora.
4. La ausencia de N incrementa los contenidos foliares de Mg.
5. La ausencia de B permite un incremento en el contenido de K.
6. Las plantas con deficiencia en P se estimulan a producir muchas ramas no productivas, lo cual incrementa costos en las podas y agotan la planta.

Nutrición en el cultivo

Para la nutrición en el cultivo es necesario tener en cuenta varios aspectos como la toma de muestras de suelos, su interpretación y las recomendaciones de fertilización que pueden ser según las fuentes, química y biológica u orgánica.

Toma de muestras del suelo

El objetivo del diagnóstico químico de la fertilidad del suelo es poder conocer su potencial de producción agrícola y así determinar la necesidad de aplicar fertilizantes; en este orden de ideas, el proceso comienza con un adecuado muestreo del suelo, en el cual se aspira tomar una muestra que sea representativa del terreno. Por lo tanto, deben delimitarse unidades de muestreo que sean homogéneas (Tamayo & Osorio, 2014).

Es importante para el muestreo tener en cuenta los cambios que presente el suelo en apariencia, producción, cantidad de erosión, clase de drenaje, tipo de suelo y tratamientos agrícolas en los últimos años; de acuerdo con lo anterior, se divide el lote en las áreas que contemplan estas variaciones. Hay que evitar aquellos sitios que difieren mucho del resto del campo; si se desea obtener información acerca de estas

áreas, es necesario tomar una muestra individual. No deben tomarse muestras en sitios donde se hayan realizado quemas o en zonas con estiércol, residuos de cosecha, abonos, cal, saladeros, cerca de carreteras, construcciones, áreas de antiguos canales y en los existentes, cercas, áreas con cambios abruptos de pendiente y parches salinos, que no correspondan a las características promedio del lote (Ramírez et al., 2008).

En las fincas es común tener diferentes tipos de suelos, por lo tanto, es importante identificarlos y definir sus límites. Es así que cada tipo de suelo se considera como un terreno homogéneo y se debe identificar de acuerdo con características como la pendiente, el material parental, el uso, el manejo, entre otras. El cambio de estas condiciones coincide normalmente con los límites de cada unidad de muestreo (Tamayo & Osorio, 2014).

Cuando los cultivos de mora ya están establecidos, las muestras deben tomarse de lotes que sean uniformes, ya sea por el tipo del suelo, el manejo, la edad de la planta o el nivel de producción que se tiene. Una manera común del muestreo es caminar el lote, ya sea en zigzag o en forma de X, para tomar una submuestra en cada vértice donde se cambia la dirección del recorrido (figura 3.7). Puede usarse cualquier otra forma sistemática de muestreo, tratando de cubrir adecuadamente el campo y acomodándose a las condiciones particulares de cada huerto.



Foto: Álvaro Tamayo

Figura 3.7. Esquema de muestreo para el análisis de suelo en un cultivo de mora.

En cada planta seleccionada se eligen de dos a cuatro sitios equidistantes de muestreo que se ubican debajo de ella, en la zona comprendida entre la mitad del radio medio de la copa y la proyección externa de la misma, como se indica en la figura 3.8.

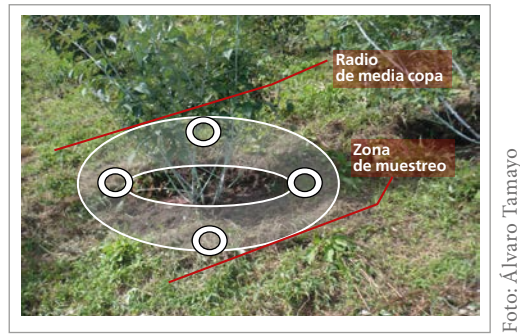


Figura 3.8. Zona de muestreo.

La aplicación de nutrientes en mora debe estar basada en el análisis del suelo y la extracción de este; esto ayuda a obtener el mayor beneficio agronómico y económico de la aplicación de los fertilizantes. La localización de los abonos alrededor de la planta se debe hacer considerando la ubicación de la mayor cantidad de raíces activas y de la inclinación del terreno; así, en terrenos inclinados o de ladera se aplica en semicorona en la parte superior (figura 3.9a), y en terrenos planos el fertilizante se aplica en corona, alrededor de la planta (figura 3.9b).



Figura 3.9. Zona de aplicación del fertilizante en mora. a. En semicorona en zonas de ladera; b. En corona en zonas planas.

Fertilización química

La mora de Castilla se desarrolla mejor en suelos franco arcillosos, ya que permiten una adecuada reserva de agua y en los cuales su exceso puede ser evacuado fácilmente. Se recomiendan para su siembra suelos con alto contenido de materia orgánica, ricos en fósforo y potasio. Se debe mantener una adecuada relación Ca:Mg:K de 2:1:1, respectivamente, ya que junto con el B son responsables de la producción y la calidad de la fruta, así como de la tolerancia a factores bióticos y abióticos (Ramírez et al., 2008).

La fertilización, especialmente la fosfórica, es uno de los aspectos a tener en cuenta, ya que los suelos de las regiones productoras de mora generalmente son de origen volcánico (andisoles) y, por lo tanto, algunas de sus propiedades se relacionan con bajos contenidos de P y altos niveles de fijación de este importante elemento (Tamayo & Osorio, 2014).

Los mayores requerimientos nutricionales de plantas de mora se relacionan con el N y el K; sin embargo, elementos menores como Fe, Cu, Zn, Mn y B cumplen importantes funciones en la planta y su deficiencia afecta la producción y la calidad de la fruta (Ramírez et al., 2008). Recientes investigaciones realizadas por Bertsch (2003), en Costa Rica, muestran que por cada tonelada de fruta fresca cosechada se requieren de 1,2 a 2,6 kg/ha de P, 1,9 a 2,7 kg/ha de K, 0,4 a 1,0 kg/ha de Ca y 0,3 a 0,5 kg/ha de Mg.

El uso de los fertilizantes está supeditado a los análisis de suelo y foliares. Es preferible dividir las aplicaciones anuales en cuatro o cinco, para evitar la pérdida de fertilizante y posibles quemazones en la planta. Elementos menores como el B se aplican en aspersiones por lo menos dos veces al año, el Mg puede ser adicionado en forma de sulfato de magnesio o como cal dolomítica. Las aplicaciones de fertilizantes foliares son aconsejables para inducir floración y emisión de rebrotes (Silva, 1989).

La fertilización en el cultivo de la mora en Colombia ha sido muy empírica, numerosos autores han realizado recomendaciones basados en estudios y otras, en aplicaciones generales, pues no se han realizado trabajos de investigación que den a conocer con certeza los requerimientos nutricionales del cultivo. En trabajos adelantados en los departamentos de Caldas, Risaralda y Antioquia, se ha encontrado que los niveles de fertilización en el cultivo son realmente bajos y se realizan sin ningún criterio técnico. Comúnmente, los agricultores hacen aplicaciones de abono orgánico al

momento de la siembra y en la etapa de desarrollo, de urea y de fórmulas compuestas como 15-15-15 o 10-30-10, labor que no daría solución a los reales requerimientos del cultivo (Ríos, Muñoz, Franco, & Rodríguez, 1996).

A continuación, se citan algunos trabajos realizados por diferentes autores como Osorio (1977), quien recomienda que, para mantener los niveles apropiados de P y K, se debe emplear un abono completo como el triple 14, el triple 15 o el 10-20-10, en dosis de 70 g/planta, cada cuatro meses, cuando las plantas empiezan a florecer y a formar los racimos. En cambio, Marín (1986), citado por Gaviria, Gómez y Vallejo (1994), en un experimento de fertilización sobre *Rubus laciniatus*, en un suelo con K bajo y P adecuado, con aplicaciones de N y K entre 67 y 135 kg/ha/año, encontraron que la dosis de 67 kg produjo el mayor rendimiento, con un incremento de 2,4 t/ha sobre el testigo (sin N y sin K).

Tamayo e Hincapié (2001) evaluaron el efecto de la fertilización química sobre la producción de frutos en plantas de mora de Castilla, en dosis crecientes de nitrógeno y potasio, de 110, 160 y 210 kg/ha/año cada uno, y una dosis constante de fósforo de 110 kg/ha. Las aplicaciones fueron fraccionadas cada dos meses. En 18 meses de evaluación no se encontraron diferencias estadísticas en la producción entre las dosis de N y K aplicadas. La mayor producción para el primer año de cosecha fue de 12,8 t/ha, cuando se aplicaron 160-110-160-30 kg/ha de N, P_2O_5 , K_2O y bórax, respectivamente. Igualmente, sin adicionar bórax, la producción fue de 12,3 t/ha de fruta fresca. Cuando se adicionaron 4 t/ha de gallinaza, en mezcla con 160-110-160 kg/ha de N, P_2O_5 y K_2O , respectivamente, no presentaron diferencias estadísticas, obteniéndose una producción de 12,2 t/ha de fruta. Cuando se aplicaron las máximas dosis de N y K (210 kg/ha), los rendimientos decrecieron. Largo y López (2015), en un cultivo de mora sin espinas, localizado en el municipio de Belén de Umbria, Risaralda, Colombia, encontraron que los rendimientos óptimos se logran con aplicaciones de 150 kg/ha/año de N, 90 kg/ha/año de P_2O_5 y 160 kg/ha/año de K_2O .

Franco, Gallego, Tamayo, Heredia y Medina (1999) evaluaron el efecto de la fertilización química y orgánica sobre la producción de fruta en zonas de clima frío moderado del departamento de Caldas. Luego de dos años de evaluación se encontraron diferencias altamente significativas entre los distintos tratamientos estudiados, con un máximo rendimiento promedio de 13,3 t/ha/año, obtenido con el tratamiento 120-40-120 kg/ha de N, P_2O_5 y K_2O , respectivamente. En términos generales, se observó una respuesta positiva del cultivo hacia la fertilización con niveles altos de N y K (120 kg/ha). Con relación a la fertilización orgánica del cultivo

con gallinaza y lombricomposto, la respuesta de este no fue muy consistente. En estudios realizados por Artunduaga (2010) en el departamento del Quindío, en suelos andisoles, se encontró que los ecotipos de mora sin espinas tuvieron mayor eficiencia agronómica con 91,7 kg de rendimiento por kg de N y 91,7 kg, por kg de P aplicado.

Silva (1989) aconseja aplicar 150 g de una mezcla de sulfato de amonio y sulfato de potasio, dos veces al año (marzo-septiembre) y 100 g de la misma mezcla dos veces al año (junio-diciembre). De manera general, se puede fertilizar como se menciona a continuación: utilizar 15-15-15 o 10-30-10, en dosis de 120 a 150 g/planta, cada 3 o 4 meses; de 25 a 40 g/planta de agrimins, cada 6 meses; de 10 a 20 g/planta de bórax, una vez al año y de 1 a 2 kg/planta/año de abono orgánico.

Por su parte, Rodríguez y Duarte (1977) recomiendan que al inicio de la preparación del terreno se debe aplicar gallinaza o cualquier otro abono orgánico (5 t/ha), y cada seis meses 350 kg/ha de 10-30-10, 14-14-14 o 10-20-20.

Bonnet (1988), propone otro esquema de fertilización donde recomienda que al momento de la siembra se deben aplicar 75 g de 10-30-10 incorporados en el suelo para el llenado del hoyo y, como complemento, aplicar 200-250 g/planta de un abono completo (15-15-15, 10-30-10 o 10-20-20), en dos a cuatro aplicaciones, especialmente cuando las plantas empiecen a florecer y a formar racimos.

Cardona (2017) estimó los requerimientos del cultivo en 237,0 – 135,3 – 261,6 – 241,3 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅, K₂O y CaO en su orden, con lo cual obtuvo producciones del orden de las 28 t ha⁻¹. También encontró una relación directa entre la fertilización con calcio y mayor firmeza de la fruta debido a la función de este elemento en la formación de la pared celular.

Con base en los trabajos de Franco et al. (1999), Tamayo e Hincapié (2001) y Cardona (2017), se puede sugerir el siguiente plan de fertilización para el cultivo:

- Antes de la siembra y según los resultados del análisis de suelos, aplicar cal dolomítica o calfos 200 g/planta.
- Cada dos meses, hasta la floración, aplicar en g/planta 20 de N, 30 de P₂O₅ y 20 de KCl.
- Después de floración y cada dos meses aplicar en g/planta 30 de N, 20 de P₂O₅ y 30 de KCl y 30 de CaO.
- Cada seis meses se deben aplicar elementos menores de 30 a 40 g/planta; y anualmente 2 kg/planta de materia orgánica.

Los fertilizantes biológicos

En condiciones naturales la mayoría de las plantas tropicales se encuentran asociadas con microorganismos del suelo, los cuales mejoran la disponibilidad de nutrientes, ayudan en la descomposición de la materia orgánica, realizan procesos de fijación biológica del N (simbiótica y asimbiótica), mejoran la absorción de nutrientes por las plantas, contribuyen con la solubilización de nutrientes poco solubles como P, acondicionan el pH, mejoran la estructura y estabilidad de los agregados, ofrecen protección a las plantas frente a microorganismos fitopatógenos y en general, disminuyen los niveles de fertilización química (Ramírez et al., 2008).

Un biofertilizante es un producto biológico que contiene microorganismos benéficos del suelo, que al ser inoculado en este o en la semilla favorece los procesos de nutrición, crecimiento y desarrollo de las plantas, mediante diversos mecanismos: incrementa la disponibilidad de nutrientes (solubilizadores de P, fijadores de N), mejora la eficiencia de toma, transporte y absorción de nutrientes (micorrizas) y sustituye nutrientes esenciales (fijación de N). En algunos casos, estos microorganismos favorecen procesos de crecimiento y desarrollo o control de plagas. Según el Instituto Colombiano Agropecuario [ICA] (2004), un inoculante biológico se define “como un producto elaborado con base en una o más cepas de microorganismos benéficos, que al aplicarse al suelo o semillas, promueve el crecimiento vegetal”, (Resolución 00375 del 27 de febrero de 2004). También pueden estar en este grupo los solubilizadores de nutrientes o en su defecto productos ya acabados y elaborados como las micorrizas, bacterias promotoras del crecimiento vegetal y los hongos solubilizadores de fósforo como el *Mortierella* sp. Otros autores definen al inoculante biológico como una mezcla de microorganismos que podrían sustituir, ya sea parcialmente o totalmente, la fertilización de síntesis química (Vassilev, Vassileva, Azcon, & Medina, 2001).

Las tecnologías de biofertilización o fertilización biológica son estrategias para el manejo de la nutrición y protección de cultivos, su adecuada utilización debe considerar otras prácticas de fertilización (orgánica y química) para garantizar la competitividad, mediante la sustitución de fertilizantes químicos de síntesis por fertilizantes biológicos, orgánicos y minerales de menor costo, lo que genera la reducción de los costos de producción, aumentos en la productividad y, especialmente, mejoramiento de la calidad del fruto y el acceso a los mercados (Ramírez et al., 2008).

Los biofertilizantes se pueden aplicar en suelos degradados y donde la presencia de microorganismos ha sido afectada negativamente por el uso inapropiado de técnicas agrícolas, que han propiciado la degradación del suelo y han reducido su diversidad y efectividad (Salamanca, 2002).

Resumiendo, los biofertilizantes se pueden aplicar bajo diferentes condiciones como cuando el suelo presenta bajos contenidos de determinado elemento, cuando las poblaciones de ciertos microorganismos son muy bajas o poco efectivas o que, por manejos antropogénicos de los suelos, han causado degradación de los mismos (Ramírez et al., 2008).

En las dos últimas décadas, en el país se ha evaluado la respuesta de los biofertilizantes que involucran microorganismos como fijadores de nitrógeno ya sea simbióticos o no simbióticos, solubilizadores de fósforo y algunos nutrientes, formadores de micorrizas, entre otros que contribuyen con la absorción de agua y nutrientes en el suelo. Algunos resultados indican que la inoculación simple con hongos formadores de micorrizas (*Glomus* sp. y *Acaulospora* sp.) mostró un efecto benéfico en plántulas de mora similar a la fertilización comercial, expresado en materia fresca, materia seca y porte de la planta. Es decir que la sola inoculación simple (micorriza arbuscular + 50 % de la fertilización química convencional) permite sustituir la mitad del abonamiento con P; mientras que los tratamientos con inoculación con bacterias solubilizadoras de fósforo, *Azotobacter* y 50 % fertilización química y micorriza mostraron tamaño de planta intermedio entre los tratamientos con fertilización convencional y sin fertilización, y similares cuando se aplicó la mitad de la fertilización convencional. Los biofertilizantes pueden sustituir hasta un 50 % de la fertilización química, esto contribuye a disminuir los costos de producción, por menor uso de fertilizantes de síntesis. En general, el uso de estos bioinsumos en agricultura contribuye con el enfoque de inocuidad en el cultivo de la mora (Ramírez et al., 2008).

Referencias

- Artunduaga, B. (2010). *Efecto de la fertilización en dos ecotipos de mora (Rubus sp.) y su relación con el rendimiento en andisoles* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Valle del Cauca, Colombia.
- Barker, A. & Pilbeam, D. (2015). *Handbook of plant nutrition* (2.^a ed.). Boca Ratón, Estados Unidos: CRC Press.

- Bertsch, H. F. (2003). *Absorción de nutrientes por los cultivos*. San José, Costa Rica: Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo.
- Bonnet, A. J. (1988). Mora. En *Memorias del Curso de Frutales de Clima Frío Moderado*. Fusagasugá, Colombia: Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).
- Cardona, W. (2017). *Requerimientos nutricionales (nitrógeno, fósforo, potasio y calcio) en etapa vegetativa y reproductiva de un cultivo de mora (Rubus glaucus Benth.), ubicado en el municipio de Sylvania (Cundinamarca)* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Castaño, C., Morales, C., & Obando, F. (2008). Evaluación de las deficiencias nutricionales en el cultivo de la mora (*Rubus glaucus*) en condiciones controladas para bosque montano bajo. *Agronomía*, 16, 75-88.
- Devlin, R. (1982). *Fisiología vegetal* (4.^a ed.). Barcelona, España: Omega.
- Epstein, E., & Bloom, A. (2005). *Mineral nutrition of plants: Principles and perspectives* (2.^a ed.). Massachusetts, Estados Unidos: Sinauer Associates.
- Espinosa, J. (1996). *Fijación de fósforo en suelos derivados de ceniza volcánica* (Informaciones Agronómicas N.º 23). Quito, Ecuador: Instituto de la potasa y el fósforo (Inpofos).
- Franco, G., Gallego, J., Tamayo, A., Heredia, G., & Medina, G. (1999). Fertilización de la mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth.) en zonas de clima frío moderado del departamento de Caldas. En *Memorias del III Seminario de Frutales de Clima Frío Moderado*. Manizales, Colombia: Centro de Desarrollo Tecnológico de Frutales.
- Gaviria, V., Gómez, S., & Vallejo, G. (1994). Respuesta de la mora de Castilla a la fertilización con nitrato de potasio. *Suelos Ecuatoriales* 24, 7-9.
- Gil, F. (1995). *Elementos de fisiología vegetal*. Madrid, España: Mundi-Prensa Libros, S.A.
- Glass, A. (1989). *Plant nutrition. An introduction to current concepts*. Boston, Estados Unidos: Jones & Bartlett Publishers Inc.
- Guerrero, R. R. (1996). *Fertilización de cultivos de clima cálido*. Bogotá, Colombia: Monómeros Colombo Venezolanos S. A.
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2004). *Registro y control de los bioinsumos y extractos vegetales de uso agrícola en Colombia*, Resolución 00375 (Febrero 27 2004). Bogotá, Colombia: ICA.
- Kass, D. (1998). *Fertilidad de suelo*. San José, Costa Rica: Euned.
- Largo, M., & López, L. (2015). *Aproximación a la calibración de análisis de suelos para N, P y K, en el cultivo de mora sin tuna (Rubus glaucus Benth.) en el municipio de Belén de Umbría, Risaralda* (Tesis de pregrado). Corporación Universitaria Santa Rosa de Cabal, Santa Rosa de Cabal, Colombia.

- Marín, J. (1986). *Fertilidad de suelos con énfasis en Colombia*. Bogotá, Colombia: Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).
- Marschner, H. (2011). *Marschner's mineral nutrition of higher plants* (3.^a ed.). Londres, Reino Unido: Elsevier.
- Mengel, K., & Kirkby, E. A. (2000). *Principios de nutrición vegetal* (4.^a ed.). Basel, Suiza: International Potash Institute.
- Muñoz, R. (Ed.). (1998). Fertilización de la papa en Colombia. En R. Guerrero (Ed.). *Fertilización de cultivos de clima frío* (2.^a ed., pp. 47-67). Bogotá, Colombia: Monómeros Colombo Venezolanos S. A.
- Osorio, J. (1977). Cómo cultivar mora. *ICA Informa*, 11(11), 7-20.
- Osorio, N. W. (2014). *Manejo de nutrientes en suelos del trópico* (2.^a ed.). Medellín, Colombia: L. Vieco S.A.S.
- Ospina, O. (1974). El fósforo en los Andisoles. *Suelos Ecuatoriales*, 6(1), 97-136.
- Potash & Phosphate Institute (PPI). (1999). *Better crops with plant food*. Gwinnett, Estados Unidos: Potash & Phosphate Institute Eds.
- Ramírez, M., Roveda, G., Bonilla, R., Cabra, L., Peñaranda, A., López, M., ... Díaz, A. (2008). *Uso de microorganismos con potencial como biofertilizantes en el cultivo de mora*. Bogotá, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Ríos, G., Muñoz, C., Franco, G., & Rodríguez, J. (1996). Caracterización del sistema de producción de mora en los municipios de Quinchía, Guática (Risaralda) y Riosucio (Caldas). En *Memorias del I Seminario Frutales de Clima Frío Moderado*. Manizales, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Rodríguez, E., & Duarte, J. (1977). Mora de Castilla. En R. Salazar (Ed.), *Frutales. Manual de Asistencia Técnica N° 4* (2.^a ed., t. II, pp. 397-420.). Bogotá, Colombia: Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).
- Salamanca, C. (2002). *La biofertilización: una alternativa económica para la nutrición de la soya en el Piedemonte Llanero* (Boletín técnico N.º 31). Villavicencio, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Salisbury, F., & Ross, C. (1994). *Fisiología vegetal*. México: Grupo Editorial Iberoamericana.
- Silva, O. (1989). *Efecto de tres reguladores de crecimiento en el enraizamiento de estacas de mora (Rubus glaucus Benth.)* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

- Taiz, L., & Zeiger, E. (2010). *Plant physiology* (5.^a ed.). Massachusetts, Estados Unidos: Sinauer Associates Inc.
- Tamayo, A., & Hincapié, M. (2001). Fertilización de la mora de Castilla en clima frío moderado del departamento de Antioquia. *Suelos Ecuatoriales*, 31(1), 1-6.
- Tamayo, A., & Osorio, W. (2014). Nutrición y fertilización. En J. Bernal, & C. Díaz (Eds.). *Actualización tecnológica y buenas prácticas agrícolas (bpa) en el cultivo de aguacate* (pp. 182-212). Medellín, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Vassilev, N., Vassileva, M., Azcon, R., & Medina, A. (2001). Application of free and Ca-alginate-entrapped *Glomus deserticola* and *Yarowia lipolytica* in a soil-plant system. *Journal of Biotechnology*, 91(2-3), 237-242.
- Willey, N. (2015). *Environmental plant physiology*. Londres, Reino Unido: Garland Science, Taylor & Francis Group, LLC.



Capítulo IV

Artrópodos plaga

Ana Elizabeth Díaz-Montilla

Jorge Alonso Bernal Estrada

Germán Franco

John Díaz-Montaño

La entomofauna del cultivo de la mora ha sido poco estudiada. La inversión en generación de conocimiento y desarrollo tecnológico para este cultivo en Colombia ha sido escasa, lo cual contribuye a que el cultivo presente una amplia brecha tecnológica. Ante el desconocimiento que se tiene de la bioecología y del comportamiento tanto de los artrópodos plaga como de los insectos polinizadores asociados al cultivo, las recomendaciones de manejo se han limitado exclusivamente a la utilización de una amplia gama de insecticidas, muchas veces aplicados en sobredosificación, con altas frecuencias y sin tener en cuenta los periodos de carencia. Dicha situación ha dificultado posicionar este frutal altoandino en mercados especializados. Se ha calculado que, para el manejo de los problemas fitosanitarios del cultivo, los agricultores llegan a invertir entre el 20 y el 25 % de los costos de producción.

De otro lado, el agravante que presenta el cultivo de la mora en Colombia es la inexistencia de registros de venta de insecticidas aprobados bajo la Resolución 3759 del Instituto Colombiano Agropecuario [ICA] (2003) “por la cual se dictan disposiciones sobre el registro y control de los plaguicidas químicos de uso agrícola”, así como registros nacionales aprobados bajo la Decisión 436 emitida por la Comisión de la Comunidad Andina (1998), la cual establece la “Norma andina para el registro y control de plaguicidas químicos de uso agrícola”, que circunscribe la producción bajo el concepto de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA).

Teniendo en cuenta lo anterior, en este capítulo se mencionan los artrópodos plaga que, bajo determinadas situaciones, han sido considerados como dañinos; además, se indican pautas para su manejo, muchas de estas, fundamentadas en la experiencia lograda en cultivos que comparten problemas entomológicos similares a los de la mora.

De acuerdo con el hábito de alimentación, los artrópodos que atacan a la mora de Castilla pueden clasificarse como barrenadores de raíces, tallos y frutos; comedores de follaje; chupadores o succionadores de savia y raspadores-chupadores de la superficie vegetal.

La siguiente es una serie de prácticas de control cultural, comunes para el manejo de la mayoría de los insectos asociados al cultivo de la mora (Coto & Saunders, 2004):

1. Hacer observaciones semanales en diferentes áreas del huerto durante periodos críticos. Se recomienda tomar o hacer por lo menos cinco muestras u observaciones, una en cada punto cardinal, a cierta distancia del centro del cultivo y otra, en el centro. Además, se deben cuantificar las plantas dañadas a lo largo de un número fijo de metros en el cultivo. El registro de la plaga se debe expresar como promedio por planta o por metro de surco, y se debe comparar con umbrales de acción establecidos por el asistente técnico. Esto se constituye como el criterio para la aplicación de insecticidas. La observación o monitoreo constante del cultivo también facilita detectar focos de infestación para su posterior eliminación.
2. Para evitar la dispersión de las plagas solo debe sembrarse material vegetal proveniente de zonas no afectadas.
3. Sembrar semilla y material de trasplante desinfestado.
4. En algunos casos, intercalar otro cultivo puede reducir la población de una plaga que afecte ambos cultivos, ya sea debido a la interferencia química o mecánica, al reducir el contraste de cobertura del suelo o al aumentar las plantas de cobertura que favorecen a ciertos enemigos naturales.

5. Proporcionar de manera suficiente y oportuna una adecuada nutrición, con el fin de mantener plantas vigorosas, saludables y con capacidad de compensar el daño ocasionado por los artrópodos plaga.
6. Construir fosas en el suelo donde se deposite el material infestado derivado de podas sanitarias y malezas. Se recomienda cubrir estas fosas con mallas de anqueo que permitan la salida de pequeñas avispas y moscas parasitoides y una amplia gama de insectos benéficos y que, a la vez, impidan la salida de los insectos plaga.
7. Favorecer las poblaciones de dípteros e himenópteros parasitoides, al mantener ciertas malezas que florecen como una fuente de alimento para estos insectos benéficos. Además, mediante la selectividad de los insecticidas (sintéticos) y la aspersión por focos, minimizar el efecto adverso sobre los enemigos naturales, dejando algunos puntos sin tratar, para mantener un reservorio de enemigos naturales.
8. Aplicar preferiblemente insecticidas sistémicos y de ingestión pues causan menos daños a los insectos benéficos, así como evitar productos de contacto y de amplio espectro. Emplear los insecticidas en la dosis recomendada, sin realizar “cócteles” de insecticidas ni duplicación de dosis; igualmente, evitar diluir los productos con el supuesto fin de alcanzar o cubrir una mayor área.
9. Mantener el equipo de aspersión calibrado y en estado adecuado de funcionamiento, para asegurarse de aplicar la dosis exacta del insecticida, y aportar una cobertura uniforme al cultivo.

Insectos barrenadores

Son un grupo de insectos que taladran zonas leñosas y semileñosas de las plantas de mora como el cuello de la raíz, los tallos y las ramas.

Barrenador del cuello, tallo y ramas de la mora

Nombre científico

Hepialus sp. (Lepidoptera: Hepialidae)

Descripción e importancia

Durante su vida este insecto pasa por varios estadios de desarrollo, los cuales reciben los nombres de huevo, larva (gusano), pupa (sabios) y adulto (mariposa). Por atravesar por estos cuatro estadios de desarrollo, se dice que este insecto tiene

metamorfosis completa u holometábola. Zenner de Polanía (1974) describe los estadios biológicos de *Hepialus* de la siguiente manera: los huevos son redondos y aplanados, con un diámetro de 2,5 a 3,0 mm, de color blanco cremoso. Las larvas son de color blanco sucio, completamente desarrolladas miden aproximadamente 5,5 cm; tienen un cuerpo delgado y cilíndrico y la cabeza grande. La pupa es de tipo obtecta, es decir, las alas y los apéndices corporales están comprimidos sobre el cuerpo; el color de la pupa es café oscuro; mide de 3,0 a 4,5 cm de longitud, siendo las pupas hembras de tamaño considerablemente mayor que las de los machos; la parte frontal de la cabeza es aplanada, lo que le da un aspecto de cortada; el abdomen posee dos series dorsales de espinas cortas en cada segmento. El adulto o mariposa (figura 4.1) en ambos sexos es de color café grisáceo, con la cabeza y cuerpo peludos; en reposo, los machos se asemejan a arañas; la expansión alar de los machos es de 3,5 cm y en las hembras de 5,0 cm, con antenas plumosas en ambos sexos; poseen un aparato bucal rudimentario, patas débiles y sin espinas; las patas traseras en los machos son muy cortas y poseen órganos de color visible a manera de pelos largos o escamas (Schulz et al. 1990).



Foto: Germán Franco

Figura 4.1. Adulto del barrenador del cuello, tallo y ramas de la mora (*Hepialus* sp.).

El abdomen de la hembra es desproporcionadamente grande y pesado, aproximadamente dos veces más largo que la cabeza y el tórax juntos. Por observaciones de laboratorio y campo, Zenner de Polanía (1974) concluyó que *Hepialus* sp. tiene dos generaciones al año, bastante bien marcadas, con pico de emergencia de adultos en marzo y septiembre. Los machos tienen cierta capacidad de vuelo y lo hacen

principalmente al atardecer, mientras que las hembras por su constitución pesada son de vuelo muy corto y se dispersan caminando. Colocan los huevos aisladamente en el cuello de la raíz, tallos y posiblemente ramas de la planta hospedera. Montoya, Hincapié y Uribe (1997) mencionan que los adultos son atraídos por secreciones de la planta como respuesta al ataque de patógenos o a heridas. Zenner de Polanía (1974) argumenta que los primeros instares larvales roen inicialmente la superficie, para posteriormente comenzar su labor destructiva al penetrar el tallo y las ramas.

Condiciones favorables

Castaño (2000) menciona que el uso de estacas infestadas para la siembra, la falta de fertilización y la falta de inspecciones periódicas al cultivo son las principales condiciones que favorecen la invasión de este insecto. Según Montoya et al. (1997), la infestación de *Hepialus* se incrementa cuando el plato de la planta está enmalezado o presenta exceso de sombra. Por su parte, Zenner de Polanía (1974) sugiere como otro factor predisponente al ataque del insecto, la siembra de mora en sitios donde hay o hubo árboles de *Eucalyptus* sp. y nogal cafetero (*Cordia* sp.), los cuales también son hospederos de este insecto, así como la utilización de postes para alambrado con este tipo de maderas. Existen evidencias que hacen pensar que la plaga pudo haber sido introducida a Colombia junto con el eucalipto, desde Australia, donde algunas especies de la familia Hepialidae taladran el tronco del eucalipto causando graves daños (Costa-Lima, 1945).

Síntomas

La larva ataca el cuello de la raíz, los tallos y las ramas. El daño en los tallos se detecta fácilmente, ya que cuando la larva del insecto se introduce en estos, realiza una pequeña perforación de donde brota un aserrín; posteriormente, conforme la larva continúa barrenando el tallo, expulsa además excremento; con el paso del tiempo, alrededor del daño se forma algo similar a una ampolla, callo o nudo (figura 4.2a); las ramas afectadas se marchitan y en algunos casos se quiebran, las hojas muestran marchitez desde el ápice hasta la base y la planta no florece ni fructifica. En la misma planta es frecuente encontrar varios tallos atacados por la plaga (Castaño, 2000). El ataque al cuello causa una disminución en la producción y luego la muerte de la planta. La larva, antes de empupar dentro del túnel, abre un orificio de salida para facilitar la emergencia del adulto, y la pupa se asoma por este orificio (figura 4.2b) (Zenner de Polanía, 1974).



Fotos: Helber Arévalo

Figura 4.2. Daños causados por la larva de *Hepialus* sp. a. Daño causado por la larva en ramas de mora. Obsérvese el nudo o callo alrededor del daño; b. Orificio de salida del adulto de *Hepialus* sp. Obsérvese exuvia en orificio de emergencia.

Manejo

Para manejar la *Hepialus* sp. se aconseja:

- Mantener desmalezado el plato de la planta y a su vez regular la sombra mediante poda de ramas.
- Aplicar insecticidas mezclados con surfactantes dirigidos al cuello y base del tallo, con el fin de eliminar los individuos de primeros instares y así evitar que penetren. Se recomienda emplear agentes biológicos disponibles comercialmente como ciertos productos entomopatógenos, *Bacillus thuringiensis* y algunos inhibidores de síntesis de quitina.
- Realizar aplicaciones de insecticidas en sitios específicos, con ayuda de jeringas que permitan inyectar el producto a través del orificio dejado por la larva.
- Capturar poblaciones nativas de *Trichogramma* (himenópteros parasitoides de huevos de insectos), adaptadas a las condiciones del cultivo de mora, para su incremento y evaluación de efectividad como agente de control de huevos de *Hepialus*.

Barrenador del cuello

Nombre científico

Zascelis sp. (Coleoptera: Curculionidae)

Descripción e importancia

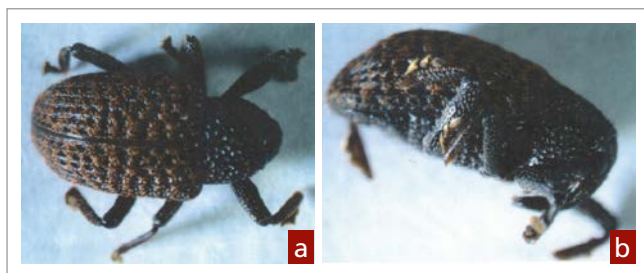
Observaciones realizadas por Castaño (2000) indican que los huevos son colocados internamente en el tejido del cuello de la raíz, de donde nacen larvas ápodas (gusanos sin patas) que son de color blanco o crema. Las larvas completamente desarrolladas miden 4-7 mm de longitud, tienen la cabeza de color café oscuro (figura 4.3) y mandíbulas fuertes, altamente esclerotizadas o endurecidas, con las que se alimentan y construyen galerías o túneles en la cepa o cuello de la raíz, y después de completar su desarrollo se transforman en pupa.



Foto: Helber Arévalo

Figura 4.3. Larva de *Zascelis* sp.

La pupa es de tipo exarata, en la cual los apéndices se encuentran libres y son visibles todas las partes del cuerpo, sus alas se encuentran en el exterior del tórax sobresaliendo un poco del cuerpo, son de color blanco al principio y con el tiempo se tornan oscuras. Después de completar este estadio, se transforma en adulto que presenta pico o proboscis característico de los picudos, tiene una longitud de 6-7 mm, es de color negro, la superficie de los élitros o alas es estriada con numerosas escamas de color amarillo que dan la apariencia de punteado al observarlo dorsalmente (figura 4.4a) y lateralmente (figura 4.4b).



Fotos: Ana Elizabeth
Díaz-Montilla

Figura 4.4. Adulto de *Zascelis* sp. a. Vista dorsal; b. Vista lateral.

Condiciones favorables

Las poblaciones del insecto aumentan cuando se utiliza material para la siembra infestado, cuando se hace un inadecuado manejo de los residuos de cosecha y de podas sanitarias, y cuando no se realizan suficientes inspecciones periódicas a los huertos.

Síntomas

Las observaciones realizadas por Castaño (2000) y Castellanos, Botero y Castrillón (2003) sugieren que la hembra hace una perforación con su pico en el cuello de la raíz, deposita los huevos al interior de estos tejidos o al interior de las raíces gruesas (viejas). Una vez incubados, los huevos eclosionan y las larvas recién nacidas se alimentan formando galerías (figura 4.5) en la zona donde se unen el tallo y la raíz. Como consecuencia del daño, la planta detiene su crecimiento, no engruesa, forma agallas, el tallo se torna corchoso y la planta muere.



Foto: Germán Franco

Figura 4.5. Galería del barrenador (*Zascelis* sp.) en el cuello de la raíz.

Manejo

Para el manejo del barrenador *Zascelis* sp. se aconseja:

- Tener en cuenta las recomendaciones generales de control cultural para los artrópodos plaga asociados al cultivo de la mora.
- Colectar y quemar ramas afectadas. Utilizar bolas de naftalina suspendidas en mallas plásticas sobre el tallo, como repelente de adultos (figura 4.6). Esta estrategia es utilizada por algunos productores de otros cultivos, como medida para disminuir el impacto de barrenadores.



Foto: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 4.6. Bolas de naftalina en bolsas de malla, para repeler el ataque del picudo barrenador del cuello de la raíz de la mora.

- Evaluar el efecto de una serie de insecticidas que han sido registrados en Colombia para el control del picudo del algodón *Anthonomus grandis* (Coleóptera: Curculionidae). Esta experimentación debe desarrollarse bajo la supervisión de un ingeniero agrónomo. Los productos a evaluar son diflubenzuron en dosis de 300 g/ha, fosalone en dosis de 4,0-4,5 L/ha, malatión en dosis de 2,0-3,0 L/ha. De otro lado, puede probarse la inyección con jeringas de soluciones de hongos entomopatógenos como *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana* en mezcla con nemátodos entomopatógenos de los géneros *Steinernema* y *Heterorhabditis* que también han sido probados para el control de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae) (Molina & López, 2002; Bernal, Bustillo, Chávez, & Benavides, 1999).

Insectos chupadores o succionadores de savia

Son insectos que se alimentan de la savia de la planta y se pueden ubicar y hacer daño en la raíz, brotes y tallos tiernos y frutos.

Perla de tierra

Nombre científico

Eurhizococcus colombianus Jakubski (Hemiptera: Margarodidae)

Descripción e importancia

La cochinilla conocida como “perla de tierra” es un insecto de hábitos subterráneos, de forma oval, cubierto por secreciones de cera que le dan el color blanco perlado, de donde se deriva su nombre (Londoño, 2005). Durante su vida pasa por varios estadios de desarrollo, los cuales reciben los nombres de huevo, larva-1, quiste-1, quiste-2 y hembra adulta (figura 4.7). Foldi y Soria (1989) describen a la hembra de *E. colombianus* como un individuo robusto de color amarillo con cuerpo globoso y con arrugas, poseen siete segmentos bien diferenciados y pelos de color amarillo intenso tanto a nivel dorsal como ventral. Las antenas poseen siete fracciones distintivas. Las patas anteriores son excavadoras en forma de garra, bien desarrolladas, que le sirven para desplazarse hasta ubicar las raíces del cultivo donde pone los huevos. Las hembras no poseen aparato bucal, por lo tanto, no se alimentan.

Entre los 3 y 4 días después de la emergencia, las hembras adquieren una apariencia algodonosa cubriéndose de finos filamentos blancos en su parte dorsal, que darán origen al ovisaco, este periodo corresponde a la preoviposición (Castrillón, Urrea, & Pineda, 2000). La reproducción de *E. colombianus* es partenogenética (las hembras son capaces de reproducirse sin necesidad de copular con los machos) de tipo telitóquia (en la cual la progenie obtenida son hembras) (Foldi & Soria, 1989). Kondo y Gómez (2008) manifiestan que la hembra empieza a poner huevos dentro de una cavidad abdominal o marsupio, el cual se va formando a medida que los huevos son depositados.



Fotos: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 4.7. Estados inmaduros de *Eurhizococcus colombianus* Jakubski (Hemiptera: Margarodidae). a. Ovisaco; b. Quiste; c. Fijación en raíces.

Castrillón et al. (2000) observaron que las hembras depositan los huevos en forma de cadena cuando se encuentran en un espacio libre del suelo, o en apretadas masas cuando el suelo está compacto. Los huevos son de color blanco lechoso, de superficie lisa y forma ovoide cuando están recién ovipositados, miden en promedio $0,50 \times 0,22$ mm. Una hembra puede ovipositar 140 huevos durante 20 días. El periodo de incubación de huevos es de 20 días. Las ninfas que nacen se conocen como “larva primaria” y muestran gran actividad durante los primeros cinco días, durante este tiempo se observa completamente expuesto su aparato bucal (estilete) que introduce a la raíz para fijarse a ella. Después de diez días comienza una actividad de secreción de una sustancia cerosa. A las tres semanas se forma el quiste 1; entre los ocho y nueve meses se forma el quiste 2, que tiene una coloración más amarilla y un tamaño entre $1,5 \times 0,97$ mm. Entre los nueve y diez meses se observa el tercer estadio ninfal y el quiste mide hasta 8 mm. En este estadio se desprende fácilmente de la raíz con ruptura del estilete.

Aunque en el estudio realizado por Castrillón et al. (2000) no se logró determinar la duración desde huevo hasta hembra adulta, se presume que este ciclo puede durar más de 26 meses. Varios autores afirman que los quistes de tercer estadio se pueden mantener viables entre 8-12 años y ser capaces de originar hembras, si se presentan condiciones adecuadas (Foldi & Soria, 1989).

Según Soria y Gallotti (1986), el hábito de alimentación de *Eurhizococcus* consiste en inyectar enzimas y otros compuestos, destinados a permitir la penetración o instalación de los estiletes cerca del tejido vascular de las raíces, facilitando el flujo de savia a través de los tejidos de las plantas. Estas sustancias provocan una intoxicación generalizada o fitotoxemia que desencadena una reducción en la producción del cultivo.

Zapata (2013) observó que los estadios inmaduros de perla prefieren alimentarse en raíces primarias y secundarias; además, encontró que las poblaciones del insecto se localizan preferencialmente en un 70 % en la zona cercana al cuello de la planta y en un 30 % entre este y la gotera (sitio donde se proyecta la periferia del dosel de la planta sobre el suelo).

Puesto que el insecto se ubica en las raíces de la planta, es difícil observar el daño inicial de esta plaga. En cultivos infestados, Zapata (2013) encontró poblaciones del insecto en la raíz (localizados incluso hasta a 1 m de profundidad) y horizontalmente desde el cuello hasta 1,4 m, condición que dificulta su manejo. La plaga se detecta cuando las plantas muestran los síntomas de su ataque en la parte aérea. Al respecto, Meneses et al. (2015) encontraron una alta asociación entre las plantas de mora afectadas por *E. colombianus* y el aumento de los contenidos de sacarosa en las hojas. Se infiere que la obtención de esta información a través de espectroscopía del infrarrojo cercano NIR podría ser utilizada como un método no destructivo para detectar la presencia de este insecto plaga en el campo. Castrillón, Urrea, Guevara y Rodríguez (1998) afirman que los daños por el ataque del insecto en las zonas productoras de mora en Manizales, Caldas, van desde la muerte del 20 % de plantas en el cultivo, hasta la disminución en la producción de 1 a 2 t de fruta/ha/año, sin tener en cuenta la mala calidad por la reducción en el tamaño de la fruta. Por su parte, en el oriente antioqueño se reportan pérdidas en rendimientos entre el 40-47 % (Castro, Flores, Navarro, & Gaviria, 2008).

Condiciones favorables

Castrillón et al. (2000) indican que la zona agroecológica Fn es la más afectada, la cual se ubica en la cordillera central de Colombia, con suelos de influencia de cenizas volcánicas superficiales de baja fertilidad, con alta fijación de fósforo, susceptibles a la erosión, situados entre 2000 y 3000 m s. n. m., con temperaturas entre 12 y 18 °C y una precipitación promedio anual de 500 a 3000 mm. Estos mismos autores consideran que la presencia de malezas poligonáceas del género *Rumex*, como la lengua de vaca (*Rumex crispus* L.) y el sangretoro o envidia (*Rumex acetosella* L.), son focos de multiplicación del insecto, debido a que las larvas de

la perla se desplazan hasta sus raíces para alimentarse. Estas malezas abundan en cultivos de clima frío, terrenos baldíos, suelos ácidos, mal drenados y de baja fertilidad (Cárdenas, Franco, Romero, & Vargas, 1970). También se han reportado como hospederas de la perla de tierra plantas ornamentales como *Hibiscus* sp., besito (*Impatiens balsamina* L.), jazmín de noche (*Jasminum sambac* (L.) Ait.) y el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), helechos (Carvajal, 2002) y el falso piretro (*Artemisia absinthium*. L.) (Guarín & Carvajal, 2002). Zapata (2013) también reporta a *Rubus urticaefolius* como planta hospedera de poblaciones de hembras adultas de este insecto en condiciones de campo.

Lopera (2001) indica que la forma más común de dispersión de la perla de tierra es mediante la utilización de material vegetal infestado obtenido en los viveros. De otro lado, Carvajal (2002) lista algunas condiciones que favorecen la diseminación y multiplicación de la perla de tierra, entre las que se mencionan: (1) La propagación por acodo de punta o terminal sin el conocimiento de la procedencia del material vegetal. (2) La utilización de herramientas en suelos infestados con perla y la no desinfección de estos. (3) La presencia de la hormiga argentina *Linepithema humile* (Mayr) (Hymenoptera: Formicidae) que, en países como Brasil, se ha registrado en asociación mutualista con perlas de tierra, al transportar las larvas recién nacidas de la plaga de un lugar a otro, multiplicando así los puntos de infestación en el sistema radical. (4) El agua de escorrentía que puede transportar la perla desde sitios infestados del cultivo hasta sitios libres del problema. Otra forma de diseminación de la perla de tierra es la remoción de estructuras vegetales y labores de aporque, sobre todo, en zonas con topografía inclinada.

Síntomas

Castaño (2000) observó que las plantas de mora infestadas por perla presentan nudosidades en las raíces que bloquean la respiración y la nutrición, como consecuencia se disminuye el crecimiento y desarrollo, hay menor emisión de tallos, escasa floración, los frutos no cuajan o se quedan pequeños y secos, y con el tiempo se disminuye el número de plantas y la producción. Osorio (2005) indica que las plantas afectadas por este insecto presentan defoliación, raquitismo y enanismo (figura 4.8).



Foto: Alegría Saldarriaga Cardona

Figura 4.8. Síntoma de amarillamiento en una planta de mora atribuido al ataque de perla de tierra.

Manejo

Hasta el momento no se conocen estrategias efectivas que permitan regular las poblaciones de perla en el cultivo de la mora, por lo que se recomienda manejar este insecto de manera preventiva.

Para la siembra de mora es conveniente seleccionar lotes que no estén infestados por perla. Se deben realizar muestreos aleatorios en las nuevas áreas de siembra para verificar la existencia del insecto en el suelo y en malezas. Para la siembra, además, se debe utilizar material libre de la plaga. Es más recomendable y más segura la propagación de la mora por estacas, que por acodo de punta o terminal.

Con el fin de evitar la contaminación de los lotes sembrados con mora, se deben controlar las vías de acceso a los cultivos. Por ejemplo, es necesario adecuar sitios en la finca para desinfestar el calzado de operarios y las herramientas de trabajo, antes de ingresar a los cultivos. Se recomienda la utilización de protectores plásticos desechables para las botas del personal que labora en el huerto de mora, con esto se evitará la contaminación de las botas con suelo infestado por perla y su diseminación en zonas libres del problema.

Así mismo, no se debe asociar la mora con cultivos como arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancr.), brevo (*Ficus carica* L.), manzano (*Malus domestica* Borkh.), tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.), fresa (*Fragaria vesca* L.), durazno (*Prunus persica* L.), lulo (*Solanum quitoense* Lam.), papa criolla (*Solanum phureja* Juz. & Bukasov) y yuca (*Manihot esculenta* Crantz), debido a que estos cultivos son también hospederos de la perla de tierra (Posada & García, 1976; Urueta, 1980; Castrillón et al., 1998).

Es importante hacer un estricto control de malezas como la lengua de vaca, el sangretoro o envidia y el pasto kikuyo que son hospederas de la perla. Igualmente, en forma periódica, hacer muestreos aleatorizados profundizando 30 cm respecto a las raíces del frutal (Osorio, 2005), con el fin de detectar infestaciones iniciales de la plaga. Una vez se detecta la perla de tierra en un lote, se recomienda retirar la planta afectada y el suelo a su alrededor para quemarlo (Londoño, 2005).

Algunos estudios indican que la perla de tierra es susceptible a agentes de control biológico como los hongos entomopatógenos *Metarhizium anisopliae* y *Paecilomyces* sp. (Lopera, 2001; Carvajal, 2002; Guarín & Carvajal, 2002; Guarín, 2003a); sin embargo, dichos estudios son aún muy preliminares. Zapata (2013), además, menciona que el hongo *Isaria fumosorosea*, aislado de individuos en campo, es una alternativa adicional para el manejo del insecto, ya que se encontró afectando hasta un 88 % la población; la combinación de este con *Metarhizium anisopliae* redujo hasta un 83 % la infestación. El mismo autor recomienda como control la aplicación de hongos entomopatógenos, alrededor del cuello y entre este y la gotera de la planta, con una frecuencia mínima de tres aplicaciones en un periodo de 20 días.

El control químico no ha mostrado ser efectivo, debido a que el insecto se encuentra en el suelo y además está recubierto de una capa cerosa que impide el contacto del insecticida con el integumento del insecto, lo cual impide la acción de los insecticidas tanto de contacto como fumigantes del suelo. En Brasil, dos ingredientes activos de nueva generación o neonicotinoides (tiametoxam e imidacloprid), han mostrado resultados positivos para el control de *Eurhizococcus brasiliensis* (Hempel) (Hemiptera: Margarodidae) en cultivos de uvas de un año de edad. Con dosis de 7 g/planta de producto comercial de Tiametoxam aplicado directamente al suelo, usando una formulación granular y 14 g/planta de producto comercial de Imidacloprid aplicado en *drench* al suelo, utilizando un litro de agua por planta, se obtuvo controles superiores al 80 % en ambos tratamientos aplicados por separado (Teixeira, Botton, & Loeck, 2002).

En Colombia, estudios realizados por Quiñones et al. (2008) determinaron que la capa cerosa de los quistes de la perla de tierra está compuesta por un triglicérido con dos cadenas de ácidos grasos insaturados y otro medio saturado; conocer esta composición orientará el uso de algún tipo de inhibidor de la biosíntesis de estos ácidos grasos, con el fin de causar vulnerabilidad a la deshidratación y a la acción de agentes de control, ya sea de tipo biológico o químico.

De otrolado, Castro et al. (2008) incursionaron en la búsqueda y evaluación de patrones silvestres de mora tolerantes o resistentes a perla de tierra. Los resultados muestran que hubo compatibilidad del injerto de tres materiales de mora silvestre, *R. robustus*, *R. boliviensis* y *R. urticifolius*, con el material de mora cultivado *R. glaucus*, pero la experimentación diseñada no permitió evaluar la resistencia a la perla de tierra.

Aunque en Colombia no se han adelantado investigaciones sobre las relaciones mutualistas y convergentes entre hormigas y la perla de tierra (trofobiosis), es importante identificar las hormigas asociadas a la perla de tierra y conocer su bioecología para proponer estrategias que permitan regular las poblaciones de estas hormigas.

Monalonion, coclillo o chupanga

Nombre científico

Monalonion velezangeli Carvalho & Costa (Hemiptera: Miridae)

Descripción e importancia

Londoño (2012) reporta la presencia de *M. velezangeli* en once cultivos, entre ellos, en mora. Aproximadamente 16 especies de plantas se han encontrado como hospederas de *M. velezangeli*, entre las cuales se reportan la mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth.) (Franco & Giraldo, 2001), el mango (*Mangifera indica* L.), la guayaba (*Psidium guajava* L.), el café (*Coffea arabica* L.), el sietecueros (*Tibouchina lepidota* (Bonpl.) Baill.) y la siempreviva (*Sempervivum* sp.) (Ramírez-Cortés, Gil-Palcio, Benavides-Machado, & Bustillo-Pardey, 2008). Igualmente, Torres (2013) reporta la guayaba feijoa (*Acca sellowiana* (Berg) Burret), el laurel (*Laurus nobilis* L.), el arrayán de Manizales (*Lafoensia acuminata* (Ruiz & Pav.) DC), el guayacán de Manizales (*Lafoensia speciosa* (Kunth) DC) y la camelia (*Camelia* L.).

En cuanto a las características, el insecto *M. velezangeli* es de color oscuro, alargado, con una longitud aproximada de 1,5 cm, con alas mitad membranosas y mitad coriáceas, las cuales presentan manchas que se ubican al interior y exterior de las areolas de las alas anteriores; además, exhibe en el fémur de las patas posteriores una franja de color blanco. Para perforar los frutos, el insecto posee un estilete o pico largo con el cual succiona la savia. Su metamorfosis es incompleta, la cual está compuesta por huevo y cinco estadios de ninfa y adulto (figura 4.9).

La hembra de esta plaga oviposita en el tejido vegetal, de manera individual o en grupos pequeños de dos o tres; los huevos son detectables a simple vista por unos filamentos blancos correspondientes a estructuras respiratorias, que sobresalen del tejido donde se encuentran depositados (figura 4.9a). Para la oviposición, la hembra prefiere las ramas jóvenes (Londoño & Vargas, 2010).

Las ninfas se distinguen por su tamaño y por la presencia de primordios alares. Ciertos fragmentos de la cabeza, abdomen, patas y antenas de las ninfas son de color rojo, aunque en su conjunto son de un color naranja claro (figura 4.9b).

En esta especie se observa el dimorfismo sexual; las hembras alcanzan una longitud entre los 10 y los 12 mm y poseen una cabeza negra y lustrosa; los insectos chupadores como estos poseen una boca modificada denominada *rostrum*, que es de color amarillo claro, mientras que los hemiólitros (alas) son amarillo anaranjados; las antenas son negras y largas. De otra parte, los machos tienen una longitud de 9 a 10 mm, y son de color negro o castaño oscuro; la cabeza, antenas, pronoto (placa dorsal del primer segmento del tórax), escutelo (pequeña lámina triangular tras el pronoto) y *cuneus* (región más o menos triangular del ala anterior) son negros; el *rostrum* es de color amarillo anaranjado, mientras que el abdomen es rojo (figura 4.9c) (Carvalho & Costa, 1988). *M. velezangeli* tiene un ciclo de vida de 63 días; la etapa de huevo dura 23,2 días, las ninfas $27,6 \pm 2$ días y el adulto $9,6 \pm 4,3$ días (Londoño & Vargas, 2010).



Figura 4.9. *Monalonion velezangeli* Carvalho & Costa (Hemitera: Miridae). a. Huevo; b. Ninfa (larva); c. Adulto.

Condiciones favorables

Los factores predisponentes para el ataque de la plaga en mora no han sido descritos. Se ha podido notar que temperaturas y humedades relativas altas le son muy favorables. La plaga es más frecuente en cultivos muy cerrados, por las condiciones sombrías dentro de este; además, dado que en las plantas es común encontrar flores, frutos y crecimiento de follaje al mismo tiempo, estas condiciones favorecen la presencia del insecto en cualquier periodo del año (Londoño, 2008; Londoño, 2012).

Síntomas

Franco y Giraldo (2001) señalan que este insecto chupa savia de brotes tiernos causando enroscamiento, quemazón, y muerte (necrosis) de ellos. Una vez que el insecto perfora una hoja se forma una mancha húmeda de color café claro, la cual se vuelve rápidamente café y, con el tiempo, se seca; estas manchas son variables en tamaño y forma, dependiendo del estadio ninfal del chinche (Ramírez-Cortés et al., 2008).

El ataque de este insecto puede confundirse con los síntomas de antracnosis, porque los tallos presentan manchas oscuras; al secarse las ramas, las plantas no producen flores ni frutos (Franco & Giraldo, 2001).

Manejo

El manejo de este chinche consiste en mantener cierta cobertura de arvenses en el suelo para no solo protegerlo, sino también para permitir que la fauna benéfica se refugie en esta.

Cuando las condiciones lo permitan, se recomienda intercalar el cultivo de mora con otras especies, para promover la biodiversidad y permitir otras fuentes de alimento para la plaga. Cada dos semanas se deben realizar recorridos por el cultivo, con el fin de detectar plantas afectadas, contabilizando las que tengan lesiones recientes, y si es posible eliminar manualmente las ninfas y los adultos. Cuando el control manual es ineficaz, se sugiere la aplicación de insecticidas como malatión en dosis de 6 cm³/l, en rotación con pirimifos-metil en la misma dosis o en menor dosis (4 cm³/l), con la adición de 2 cm³/l de un aceite agrícola (Londoño, 2012).

El chinche puede ser atacado por distintos enemigos naturales que se alimentan de ninfas y adultos, entre los cuales se destacan arañas, chinches de la familia Reduviidae y mariquitas de la familia Coccinellidae (Londoño, 2012). Además, algunos hongos entomopatógenos como *Beauveria bassiana*, *Lecanicillium lecanii* y *Paecilomyces fumosoroseus* también atacan estos estadios del insecto en forma natural.

Chinche patifoliado o patas de hoja, chinches chupadores de hojas y frutos, grajos

Nombre científico

Leptoglossus zonatus (Hemiptera: Coreidae)

Varias especies de la familia Pentatomidae

Descripción e importancia

El chinche patifoliado o patas de hoja es un insecto de 2,5 cm de longitud, de color café oscuro, con una o dos franjas amarillas en forma de zigzag sobre las alas, notorias cuando el insecto está en reposo; las patas posteriores presentan un ensanchamiento en forma de remo (figura 4.10a). Durante su desarrollo el chinche atraviesa por tres estadios de desarrollo: huevo, ninfa y adulto. Los huevos son colocados en hileras sobre los tallos, donde se camuflan y son poco visibles. Las ninfas son de color café, se mantienen en grupos en la base de los frutos. Tanto las ninfas como los adultos de este insecto y de los demás chinches, se alimentan succionando la savia en frutos (figura 4.10b) y en pedúnculos florales. El mayor daño lo causan al chupar

frutos dejándolos pequeños, deformes y secos, lo cual puede causar pérdidas en la producción (Estrada et al., 2014). Adicionalmente, los chinches pueden transmitir la antracnosis del fruto, al pasar de frutos infectados a frutos sanos (Guarín, 2003b).



Fotos: Rafael Botero

Figura 4.10. Chinches que atacan frutos de mora. a. Vista dorsal del adulto; b. Chinche de la familia Pentatomidae atacando fruto de mora.

Condiciones favorables

Este insecto es más frecuente en zonas donde se inician las siembras de mora. Su ataque es más significativo cuando hay presencia de malezas en el cultivo.

Síntomas

El daño más frecuente ocurre en el fruto, el cual se endurece en el sitio de alimentación del insecto. La punción que hace el insecto deja una mancha pequeña de color café.

Manejo

El chinche patifoliado o patas de hoja tiene varios enemigos naturales, entre los cuales se destaca como parasitoide de huevos la avispa *Gryon* sp. (Hymenoptera: Scelionidae) y algunos depredadores como arañas y chinches reducidos. Cuando se incrementa su población, se puede reducir mediante la aplicación de insecticidas de contacto como malatión en dosis de 4 cm³/l y aspersiones de ultrabajo volumen de hongos entomopatógenos como *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana*, los cuales causan mortalidades superiores al 90 %. Así mismo, el uso de aceite de nim puede ocasionar mortalidades hasta del 100 % de los chinches.

Pulgón del algodónero

Nombre científico

Aphis gossypii Glover (Hemiptera: Aphididae)

Descripción e importancia

Los áfidos se localizan en colonias, generalmente en los brotes tiernos de la planta (figura 4.11a); en el trópico, sus poblaciones solo se presentan como hembras partenogenéticas y vivíparas, es decir que producen directamente ninfas o estadios inmaduros sin necesidad de copular con los machos, estas hembras pueden o no tener alas (Dixon, 1977). El pulgón *A. gossypii* es un insecto pequeño (mide 1,5 mm de longitud en promedio), con forma de pera (figura 4.11b), de consistencia blanda y color verde con variaciones que van del amarillento al verde oscuro, marrón o negro; las antenas tienen una longitud casi igual a la mitad del cuerpo; el abdomen tiene algunas manchas dorsales oscuras. Los adultos alados poseen dos pares de alas transparentes, las cuales en reposo permanecen dobladas en forma de techo sobre el cuerpo; las hembras adultas y las ninfas se localizan en el envés de las hojas nuevas o brotes y se alimentan de la savia. Este pulgón alcanza su desarrollo de ninfa a adulto, en ocho días aproximadamente. Las hembras adultas viven unos 30 días y producen un promedio de 70 individuos (Vélez, 1985). Por los hábitos de alimentación, las poblaciones de este áfido en cultivos de mora pueden reducir directamente el vigor de las plantas, haciéndolas susceptibles a otras enfermedades. Como daño indirecto, la miel de rocío que estos áfidos excretan ocasiona el desarrollo de un hongo negro (fumagina) sobre la superficie de los frutos y hojas, reduciendo la calidad de la fruta y la fotosíntesis de la planta.



Fotos: Alegría Saldarriaga Cardona y
Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 4.11. *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae). a. Colonia de áfidos en brote tierno de mora; b. Áfido adulto.

Condiciones favorables

Londoño (2008) afirma que los áfidos se incrementan durante periodos secos, cuando se presentan condiciones de clima con temperatura alta y humedad relativa baja y cuando estos periodos coinciden con la brotación del cultivo. El pulgón *A. gossypii* es una especie polífaga, entre las plantas hospederas se encuentran las malváceas (*Hibiscus* spp.), cucurbitáceas —melón (*Cucumis melo* L.), sandía (*Citrullus lanatus* (Thunb.)), zapallo (*Cucurbita maxima* Duchesne), pepino (*Cucumis sativus* L.)—, la remolacha (*Beta vulgaris* L.), la espinaca (*Spinacia oleracea* L.), el espárrago (*Asparagus officinalis* L.) y diversas plantas ornamentales y malezas (Vélez, 1985). El incremento de la fertilización nitrogenada aumenta las poblaciones de *A. gossypii*, tal como lo reportan Nevo y Coll (2001), quienes observaron mayor reproducción y sobrevivencia en las poblaciones de este áfido cuando se alimentan de plantas de algodón fertilizadas con exceso de nitrógeno.

Síntomas

La extracción de la savia ocasiona arrugamiento de brotes tiernos, debilitamiento general de la planta y enanismo.

Manejo

Aunque las poblaciones de *A. gossypii* pueden ser abundantes, existen circunstancias que hacen que el insecto pueda manejarse relativamente fácil. La lluvia es un factor

que regula las poblaciones, por el impacto que causan las gotas de agua sobre el cuerpo blando del insecto; las plantas afectadas muestran posteriormente una adecuada recuperación.

Los pulgones en muchos casos son bien controlados por enemigos naturales. Por ejemplo, avispas parasitoides como *Lysiphlebus testaceipes* (Cress) (Hymenoptera: Braconidae) y *Aphelinus gossypii* Timberlake (Hymenoptera: Aphelinidae); predadores como *Hippodamia convergens* Guérin-Ménéville (Coleoptera: Coccinellidae), *Chrysoperla carnea* Stephens (Neuroptera: Chrysopidae), y hongos entomopatógenos como *Entomophthora* sp. (Entomophthorales: Entomophthoraceae) (Vélez, 1985; Howard, Overman, Price, & Albregts, 1985; Van Driesche & Bellows, 1996; Kaplan & Eubanks, 2002) y *Lecanicillium lecanii* (Díaz, Oggerin, López, Rubio, & Fereres, 2009). Recipientes plásticos de color amarillo con agua jabonosa atraen las poblaciones de esta y muchas otras especies de áfidos, y son utilizados por algunos agricultores como una estrategia para su manejo en cultivos de mora (figura 4.12).



Foto: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 4.12. Recipientes plásticos de color amarillo con agua jabonosa para la captura de áfidos en cultivos de mora.

Artrópodos raspadores-chupadores de tejidos

Son insectos que por su aparato bucal producen daños en tejidos tiernos, los cuales se manifiestan por decoloraciones y deformaciones de hojas, partes florales y frutos.

Araña roja común

Nombre científico

Tetranychus urticae Koch (Acari: Tetranychidae)

Descripción e importancia

La araña roja común es un artrópodo no insecto, es una especie cosmopolita. Su amplia distribución geográfica y su extremada polifagia (tiene más de 150 plantas hospederas de interés económico) han propiciado una amplia diversidad biológica y morfológica (García, Costa, Ferragut, & Lloréns, 1991). Atraviesa por el estadio de huevo, larva, protoninfa, deuteroninfa y adulto (figura 4.13a) (Vélez, 1985). Las hembras adultas alcanzan una longitud de 0,5 a 0,6 mm, son de coloración variable, dependiendo del clima y la edad; pueden ser amarillentas, verdosas, rojas e incluso marrones, con dos manchas oscuras más o menos grandes situadas en las zonas laterales del dorso. El color de los machos y estadios inmaduros (larva, protoninfa y deuteroninfa) es de una tonalidad más clara. Los machos son más pequeños que las hembras, con el cuerpo fusiforme y las patas más largas en relación con el tamaño del cuerpo. Los huevos son esféricos, lisos y de color blanquecino, ámbar o anaranjado, oscureciéndose a medida que avanzan en su desarrollo. Este ácaro completa su desarrollo (adulto) (figura 4.13b) entre nueve y diez días a una temperatura de 32 °C (García et al., 1991).

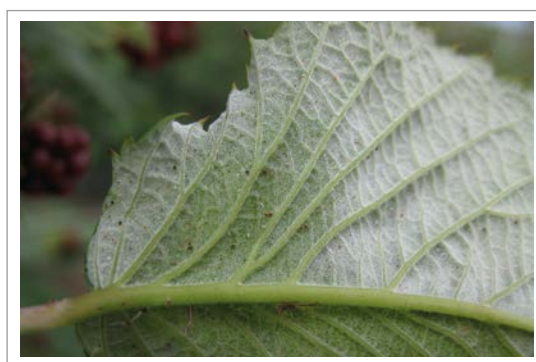


Foto: Alegría Saldarriaga Cardona

Figura 4.13. *Tetranychus urticae* (Koch) (Acari: Tetranychidae).

Tanto los adultos como las formas inmaduras activas poseen un aparato bucal consistente en estiletes sólidos y finos que se insertan en las células e ingieren su contenido, dañan la superficie protectora de las hojas, los estomas y el parénquima esponjoso y de empalizada. Las colonias permanecen la mayor parte del tiempo en el envés de las hojas (Vélez, 1985). La característica más evidente que indica la presencia de estos ácaros es su tendencia a la agregación, a vivir en colonias y crear en ellas estructuras construidas a base de hilos de seda que rodean el espacio físico donde se ubica la colonia. Estas estructuras sedosas crean un microclima adecuado para el desarrollo del ácaro, donde la temperatura permanece más o menos constante y la humedad relativa elevada. Cuando las poblaciones presentes en una planta se incrementan pueden llegar a matarla; al agotar el alimento se inicia o sobreviene un comportamiento de dispersión que consiste en dirigirse a los extremos de las hojas y brotes de la parte superior, donde se acumulan formando densas aglomeraciones de ácaros visibles a simple vista, que van construyendo hilos de seda de los que se cuelgan en espera de que una corriente de aire los transporte a otra planta para establecer una nueva colonia (García et al., 1991).

Condiciones favorables

T. urticae es una especie adaptada a climas cálidos y de escasa humedad relativa; estas condiciones climáticas favorecen la producción de huevos, aunque disminuyen la longevidad de los adultos (García et al., 1991; Rodríguez, 1977). Para conservar el balance de agua, los ácaros incrementan su alimentación (chupando el contenido celular), lo cual aumenta la transpiración de la planta ocasionando su marchitez y muerte (Rodríguez, 1977). El viento es otro factor del clima que puede transportar y dispersar los ácaros (Doreste, 1988).

La utilización de insecticidas es también otra condición que favorece el incremento de las poblaciones de *T. urticae*, aun cuando los insecticidas no tienen suficiente acción para matar ácaros pueden causar irritación en ellos, aumentando la dispersión de sus colonias, incrementando su capacidad reproductiva y acortando su ciclo de vida (Doreste, 1988). Algunos estudios sugieren que los altos contenidos de nitrógeno y fósforo en las hojas se reflejan en una mayor fecundidad de esta especie de ácaro (Jesiotr, 1979; Rodríguez, 1977). Otra condición favorable es la presencia de polvo en las hojas, sobre todo en aquellas plantas que limitan con caminos o carreteras destapadas polvorientas, debido a la eliminación de los depredadores o a la dificultad que estos tienen para localizar la presa.

Síntomas

La araña roja se alimenta de las células epidérmicas de las hojas. La eliminación de estas células produce una decoloración que afecta al área de la hoja ocupada por las colonias, y que en algunos casos puede manifestarse en el haz en forma de manchas rojizas, amarillentas o como simples abombamientos decolorados (figura 4.14) (García et al., 1991). Este cambio de coloración se relaciona con la reducción del contenido de clorofila, disminución que ocasiona posteriormente la caída de las hojas y la reducción considerable del vigor y la producción de la planta (Urueta, 1980).



Foto: Alegría Saldarriaga Cardona

Figura 4.14. Síntomas iniciales de clorosis en plantas de mora atacadas por la araña roja, *Tetranychus urticae* (Koch) (Acari: Tetranychidae).

Manejo

Las variaciones del clima afectan significativamente las poblaciones de *T. urticae*; bajas temperaturas causan reducción de las poblaciones y pueden ocasionar altas mortalidades, mientras que una alta humedad relativa en forma continua disminuye las poblaciones y favorece la muerte de estos tetraníquidos; el aire muy seco produce mortalidad durante la eclosión y muda; cuando la lluvia es muy fuerte puede lavar las hojas y disminuir las poblaciones de ácaros, factor relacionado con la humedad relativa, la cual favorece en muchos casos el desarrollo de microorganismos parásitos sobre los ácaros, que pueden causar altas mortalidades en corto tiempo (Doreste, 1988).

Como medidas de manejo de *T. urticae* en mora se recomienda: controlar arvenses como la batatilla (*Ipomoea* sp.) y la escoba (*Sida* sp.) que son hospederas de esta especie; eliminar los residuos de podas y desinfectar las maderas utilizadas en el tutorado; y monitorear el huerto prestando atención especial al envés de las hojas. Para estimar la infestación de *T. urticae* en el campo se sugiere utilizar el método de impresión que consiste en colocar una hoja de mora entre dos papeles absorbentes o toallas de mano de color blanco (figura 4.15a), presionarlos bien (figura 4.15b) y luego revisar y contar las manchas dejadas por el ácaro sobre el papel (figura 4.15c) (Doreste, 1988).

Bajo la supervisión de un asistente técnico se recomienda aplicar en rotación los siguientes productos que han sido registrados para el control de esta especie de ácaro en cultivos ornamentales y algunos frutales: flufenoxurón en dosis de 0,5 cm³/litro de agua, el cual actúa como larvicida y esteriliza la hembra; propargite en dosis de 0,75-1 litro/ha que actúa sobre huevos, larvas y adultos; propargite con tetradifon en dosis de 2,0-3,0 cm³/litro de agua, actúa sobre huevos, larvas adultos y esteriliza la hembra; *Paecilomyces fumosoroseus* Cepa DSM 15126 (en dosis de 2 cm³/litro de agua, extracto ajo + ají en dosis de 5 cm³/litro de agua), que causa mortalidad en todos los estadios, altera sus hábitos de alimentación y su vigor, además disminuye el número de nuevas posturas.

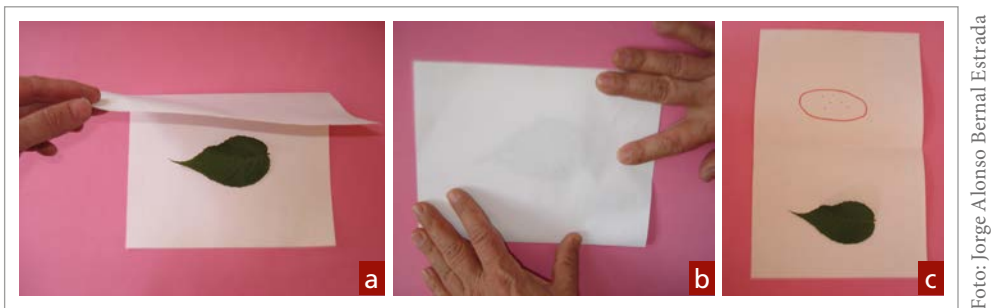


Foto: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 4.15. Método de impresión para cuantificar el número de ácaros/hoja. a. Folíolo de mora infestado por ácaros, entre dos papeles absorbentes de color blanco; b. Presión de la hoja de papel sobre el folíolo de la mora; c. Manchas dejadas por los ácaros en la hoja de papel.

Trips o bichos candela, trips occidental de las flores

Nombre científico

Thrips palmi (Karny) (Thysanoptera: Thripidae)

Frankliniella occidentalis (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae)

Descripción e importancia

Thrips palmi es una plaga polífaga que tiene el cuerpo de color amarillo y mide 1 mm de largo (figura 4.16) (Crowson et al., 2001). *T. palmi* solo se puede identificar al examinar los adultos en laboratorio, bajo un estereomicroscopio. De la pupa del insecto, la cual puede permanecer en el suelo o en la hojarasca, salen los adultos, suben a la planta y ovipositan. Al principio los trips pasan por dos estadios: jóvenes activos (larvas), que son iguales a los adultos, pero sin alas; luego, por pupa y prepupa que son inactivas. El tiempo de desarrollo de huevo a adulto, a 25 °C, es de 14,8, 13,0 y 11,4 días en berenjena, pepino y pimentón, respectivamente (Durán, Mesa, & Estrada, 1999). Una hembra de esta plaga puede poner durante toda su vida alrededor de 204 huevos; cuando las hembras son vírgenes producen solo machos por partenogénesis, mientras que las hembras fecundadas producen preferentemente hembras (Crowson et al., 2001).



Fotos: Juan Humberto
Guarín Molina

Figura 4.16. Thrips. a. Ninfas o estadios inmaduros (aumento 25×); b. Vista dorsal del adulto (aumento 25×); c. Vista ventral del adulto (aumento 25×).

El *T. palmi* es el vector del virus del moteado plateado de la sandía (WSMV) (Iwaki et al., 1984; Kameya-Iwaki, Hanada, Honda, & Tochiwara, 1988) y el virus de la necrosis de los brotes del maní (GBNV) (Lakshmi et al., 1995); sin embargo, hasta el momento no ha sido asociado a la transmisión de virus en mora en Colombia.

Condiciones favorables

T. palmi se ha encontrado en zonas ubicadas entre los 800 y 2.500 m s. n. m., en un rango de temperaturas entre los 12 y los 30 °C, lo cual indica que la plaga tiene un amplio rango de adaptación a diferentes pisos térmicos y temperaturas. Este trips ha sido reportado en 27 especies vegetales (Durán et al., 1999).

Los daños más severos por *T. palmi* se han observado en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), habichuela (*Phaseolus* sp.), pimentón (*Capsicum annuum* L.), lulo (*Solanum quitoense* L.), berenjena (*Solanum melongena* L.), melón y pepino. Como maleza hospedera de este insecto se ha registrado al bleo (*Amaranthus dubius* L.) (Durán et al., 1999). El *T. palmi*, tiene la característica intrínseca de desarrollar resistencia a los insecticidas (Takematsu, Potenza, & Pereira, 1999).

Síntomas

El insecto se alimenta en las hojas a lo largo de las nervaduras y en los frutos, en los cuales se observan manchas de aspecto bronceado o plateado; los brotes terminales y hojas jóvenes se atrofian, mientras que los frutos muestran una apariencia rugosa y se deforman. Los pétalos y los ovarios en desarrollo de las flores también son atacados. En altas poblaciones las plantas retrasan su crecimiento, los frutos se caen y en casos severos, las plantas mueren.

Manejo

Es aconsejable utilizar trampas adhesivas de color azul y verde (Centro Internacional de Agricultura Tropical [CIAT], 1999) en las orillas del cultivo para detectar la presencia de las poblaciones de adultos de *T. palmi*. Además, en condiciones naturales se ha registrado la presencia de controladores biológicos que regulan las poblaciones de *T. palmi*, como: *Orius* (Hemiptera: Anthocoridae); *Amblyseius herbicolus* y *Euseius naindaimi* (Acari: Phytoseiidae); *Chrysoperla* spp., *Ceraeochrysa* sp. (Neuroptera: Chrysopidae); *Cycloneda* spp. y *Hippodamia* spp. (Coleoptera: Coccinellidae) y *Frankliniopsis* sp. (Thysanoptera: Aeolothripidae) (Durán et al., 1999); así como también entomopatógenos como *Beauveria bassiana* y *B. brongniartii* (Guarín & Vasco, 1998).

Igualmente, se debe preparar el suelo con el fin de exponer las pupas de *T. palmi* a los rayos del sol. Se aconseja no sembrar la mora con cultivos hospederos de *T. palmi*, así como eliminar residuos de podas y socas de cultivos viejos. Cuando las poblaciones de *T. palmi* lo ameriten, se puede evaluar el efecto de control de los siguientes ingredientes activos: spinetoram, imidacloprid, flufenoxurón y spinosad.

Trips

Nombre científico

Frankliniella occidentalis (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae)

Descripción e importancia

Los adultos miden menos de 2 mm. El adulto macho es más pequeño que la hembra y es de color más claro o amarillo pálido, mientras que las hembras varían de color amarillo a café. Tanto las hembras como los machos poseen alas completamente desarrolladas. Al igual que *T. palmi*, *F. occidentalis* pasa por dos estadios larvales activos de color blanco cremoso a amarillo. La prepupa y la pupa solo se mueven si son perturbadas, pupan en el suelo y son de color blanco cremoso. El tiempo de desarrollo de huevo a adulto es de 18 y 15 días a 25 y 30 °C, respectivamente (Centre for Agricultural Bioscience International [CABI], 2017). Con una temperatura de 20 °C, una hembra puede colocar durante su vida hasta 96 huevos (Lublinkhof & Foster, 1977).

F. occidentalis es altamente polífago, se ha registrado alimentándose en hasta 250 especies de plantas de más de 65 familias. Ataca flores, frutos y hojas de plantas en invernadero y en el campo (Centre for Agricultural Bioscience International [CABI], 2017).

Condiciones favorables

Los trips son abundantes en épocas secas, cuando la planta está en brotación. Se hospedan en malezas presentes dentro de los huertos, principalmente flores de plantas compuestas como el gigantón (*Tithonia tubaeformis* (Jacq.) Cass.), y otras como árnica (*Senecio formosus* Kunth.), cinco llagas (*Tagetes lunulata* Ort.), y masiquia (*Bidens pilosa* L.) (Londoño, 2008).

Síntomas

Los adultos y las larvas del insecto hacen el daño cuando succionan las células de los tejidos, produciendo lesiones de color blanquecino, poco profundas, en la epidermis de hojas y frutos, las cuales con el tiempo se tornan necróticas y, en casos extremos, al afectar todo el follaje provocan la muerte de la planta (AbcAgro, s. f.). La plaga, al alimentarse de los tejidos meristemáticos segrega una saliva fitotóxica que causa deformaciones y manchas cloróticas en la superficie de la hoja, daño que puede confundirse con la infección causada por la cenicilla o crespesa. Las yemas florales infestadas severamente pueden quedarse cerradas o dar lugar a flores deformadas; los frutos atacados suspenden su desarrollo y se momifican, depreciando la calidad (Franco & Giraldo, 2001).

Manejo

Factores abióticos como bajas temperaturas y baja humedad relativa son adversos para el desarrollo del insecto, y las lluvias fuertes pueden ocasionar que los adultos se caigan de la planta (Londoño, 2008).

Para realizar un seguimiento de las poblaciones de adultos de trips se recomienda ubicar trampas adhesivas azules anti trips a la altura de las plantas desde el inicio del cultivo (AbcAgro, s. f.). Niño, Palacio y Corredor (1995) sugieren realizar un muestreo secuencial del número de adultos/inflorescencia, para ello recomiendan utilizar un cartón blanco de 30 cm × 20 cm, sobre el cual se sacude dos veces la inflorescencia.

Las poblaciones de trips pueden ser reguladas por la acción de los depredadores, como los ácaros fitoseidos del género *Amblyseius* y algunas especies de heterópteros antocóridos del género *Orius* (AbcAgro, s. f.). Se recomienda mantener huertos libres de malezas, sobre todo en el plato de la planta (Londoño, 2008). El manejo de *F. occidentalis* es difícil debido a su comportamiento. Las larvas se encuentran refugiadas en las flores, las ninfas en el suelo, y el adulto tiene una gran movilidad, la que depende en buena medida de las corrientes de aire caliente (Mound, 2008).

Dentro de los productos biológicos que han dado buenos resultados para el control de las poblaciones de *F. occidentalis* se destacan los formulados a base del hongo *Lecanicillium lecanii* y productos de sales potásicas de ácidos grasos (AbcAgro, s. f.).

Las aplicaciones de insecticidas se deben dirigir sobre todo al envés de las hojas y a las flores. En épocas secas prolongadas y sobre todo antes de la floración se recomienda procurar mantener un control de la plaga. En Colombia, en cultivos de flores se han registrado para el control de *F. occidentalis* algunos ingredientes activos, los cuales se recomienda evaluar en cultivos de mora, bajo la supervisión de un ingeniero agrónomo, entre los cuales están spinosad en dosis de 0,1 cm³/l; malatión en dosis de 1,3-1,5 cm³/l.

Comedores de follaje

Son insectos de diferentes familias que según la especie pueden consumir las raíces y el follaje de la planta produciendo, según su hábito alimenticio, roeduras y agujeros en hojas.

Vaquitas del follaje, picudos del follaje

Nombre científico

Compsus sp.

Pandeleteius vitticollis Champion

(Coleoptera: Curculionidae)

Descripción e importancia

La familia Curculionidae, a la cual pertenecen estos picudos, incluye muchas especies que afectan a su vez una gran cantidad de plantas frutícolas. El insecto de la “vaquita del follaje” posee una metamorfosis completa pasando por huevo, larva, pupa y adulto. Ese último es de color blanco perla, con élitros grabados con pequeños círculos y con líneas verdes, azules o cafés, que recorren el cuerpo en forma longitudinal y son iridiscentes (figura 4.17a) (Sánchez, 2000).

El adulto de *Pandeleteius* sp. es de color café claro y también presenta los élitros esculpidos; una característica muy particular de este insecto es que su primer par de patas es más desarrollado que los otros (figura 4.17b). Tanto *Compsus* sp., como *P. vitticollis* Champion muestran dimorfismo sexual, en el cual la hembra es más grande que el macho (Peñaloza & Díaz, 2004).



Fotos: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 4.17. Picudos plaga en mora. a. Adulto de *Compsus* sp.; b. Adulto de *Pandeleteius* sp.

Los huevos de *Compsus* recién puestos son amarillos y se tornan blancos al final de su incubación; son lisos y oblongos. Las larvas vermiformes presentan una cabeza esclerotizada de color carmelita y mandíbulas grandes. Las pupas de color crema son exaratas, con ojos negros, siendo las hembras de mayor tamaño (Cano, 2000). El ciclo de vida estimado para este insecto en zonas citrícolas de Colombia, oscila entre los 14,7 y 17,2 meses (Peñaloza & Díaz, 2004).

Síntomas

Estos picudos del follaje son de importancia económica, dado que causan daño en hojas, flores y frutos de las plantas de las que se alimentan. En las hojas el daño se presenta a manera de cortes irregulares de los bordes dañando gran parte de su superficie (Londoño, 2008). Algunas veces las larvas pueden alimentarse de las raíces, lo cual es de suma importancia, ya que las heridas causadas predisponen a la planta para el ataque de patógenos del suelo como hongos, nematodos y bacterias. Roa et al. (2001) reportan a *Compsus* spp. atacando, entre 22 especies agrícolas comerciales, a guayaba, yuca, frijol, café, mango, mora, banano, plátano y aguacate.

Condiciones favorables

Los picudos aumentan sus poblaciones cuando las labores del cultivo no se hacen adecuadamente. La falta de podas sanitarias, el escaso o nulo control de malezas, el establecimiento del cultivo con distancias muy cortas y el uso de empaques inadecuados o sucios favorecen la presencia del insecto. La plaga disminuye en épocas de verano, y en las lluvias las poblaciones aumentan de nuevo (Peñaloza & Díaz, 2004).

Manejo

El insecto se maneja estrictamente de forma preventiva a través de estas recomendaciones:

- Llevar a cabo prácticas adecuadas y oportunas de manejo del cultivo como podas, plateos, fertilización, eliminación de residuos, entre otras.
- Realizar monitoreo permanente para la detección oportuna de los picudos.
- Desinfectar y lavar los empaques utilizados en el transporte de la fruta.
- Hacer la recolección manual de adultos del insecto en forma permanente.
- Establecer un control biológico, especialmente en épocas de lluvia, con aplicación al follaje y al suelo de hongos entomopatógenos como *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*, los cuales afectan larvas, pupas y adultos.

El control químico de los picudos de las hojas no es la solución para su manejo, situación que ya ha sido comprobada en otros países (Peñaloza & Díaz, 2004).

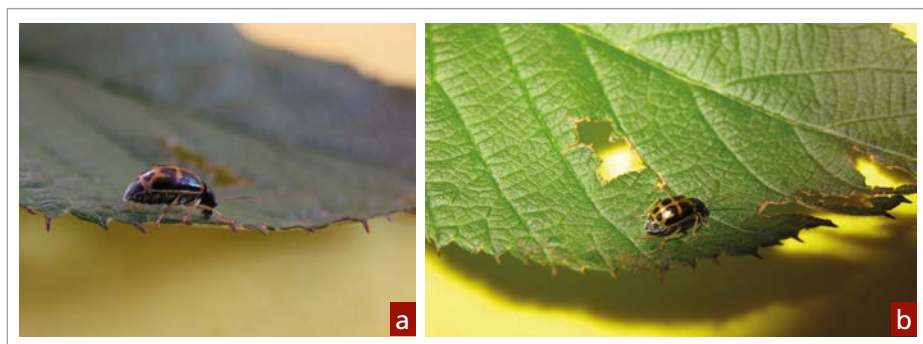
Cucarroncitos perforadores de las hojas

Nombre científico

Varias especies del orden Coleóptera, familia Chrysomelidae

Descripción e importancia

Estos escarabajos de cuerpo fuerte presentan generalmente cabeza, tórax y élitros de diferentes colores; son de tamaño pequeño y su daño consiste en hacer perforaciones en las hojas, lo que hasta el momento no ha ameritado el uso de control químico; la figura 4.18 muestra ejemplares de la familia Chrysomelidae, que se han observado atacando plantas de mora.



Fotos: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 4.18. Escarabajos de la familia Chrysomelidae. a. Vista dorsal; b. Vista superior.

Estos cucarroncitos son ágiles, caminan y vuelan sobre las hojas, de las cuales se alimentan, produciendo perforaciones más o menos redondeadas; los estadios de huevo, larva y pupa ocurren bajo el suelo. Los huevos son depositados a una profundidad de hasta 10 cm. Los síntomas de daño consisten en perforaciones en el follaje (figura 4.19).



Foto: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 4.19. Daño causado por los cucarroncitos perforadores de hojas en mora.

Condiciones favorables

Las épocas de verano aumentan las poblaciones de estos insectos.

Manejo

Se debe realizar un control selectivo y oportuno de malezas, dejando solanáceas de porte bajo que atraen adultos para alimentarse, facilitando el control. Así mismo, es necesario hacer una distribución de cultivos, evitando cultivos de hospederos cercanos a la mora; proteger hábitats naturales en la finca, para conservar enemigos naturales e intercalar cultivos no hospederos de la plaga. También se pueden realizar aplicaciones de *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana*, de acuerdo a las especies predominantes. El control químico no es necesario. Sin embargo, adultos de *Diabrotica* alimentados con follaje tratado con lufenuron han mostrado reducción en la fecundidad y viabilidad de los huevos (Ávila & Nakano, 1999).

Moscas de las frutas

Nombre científico

Anastrepha fraterculus (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae)

Descripción e importancia

La mosca “suramericana de la fruta” o *A. fraterculus* corresponde a un complejo de especies, caracterizadas por su amplia variedad morfológica, genética y biológica. Tienen un ciclo de vida completo (metamorfosis holometábola) que pasa por los estadios de huevo, larva o gusano (figura 4.20a), pupa y adulto. El adulto es una mosca que tiene el cuerpo de color amarillo. Las moscas hembras miden de 8 a 10 mm de largo (incluyendo el ovipositor) y 4 a 5 mm de ancho; la envergadura alar tiene 10 a 15 mm; el tórax y su porción dorsal son de color blanco cenizo con manchas oscuras y brillantes (Korytkowski, 1997) (figura 4.20b).



Fotos: Jorge Alonso Bernal Estrada y Tavares (2008)

Figura 4.20. Mosca de la fruta en mora (*Anastrepha fraterculus* (Wiedemann)) (Diptera: Tephritidae). a. Larva. b. Adulto.

Los huevos son microscópicos, tienen forma falcada (semejante a la de la hoz o medialuna) superficie lisa y brillante, y color blanco crema; son depositados en forma individual (Olarte, 1972; Wille, 1952) y tienen una longitud de 1,4 mm y 0,2 mm de ancho, con extremo micropilar retorcido, más bien subapical (Weems, 1980). Las larvas son vermiformes, ápodas, acéfalas (sin cabeza) y de color blanco crema. La parte anterior termina en punta y lleva internamente dos ganchos mandibulares negros; el extremo

posterior es truncado y tiene dos placas de color bruno amarillo, que corresponden a los espiráculos. La longitud de las larvas en su último instar generalmente es de 1,0 a 1,5 cm y presentan trece segmentos (Olarde, 1972; Wille, 1952). Los frutos infestados con larvas completamente desarrolladas caen de la planta, momento en el cual las larvas abandonan el fruto para empupar en el suelo. Las pupas son de tipo coarctata, es decir, que está rodeada por una cubierta endurecida del último estadio larval, el cual es llamado *puparium*, que asemejan a pequeños barrilitos. Tienen un tamaño aproximado de 3 a 7 mm de largo por 2,5 a 3,5 mm de ancho, y color castaño oscuro. Presentan tres pequeñas protuberancias en el extremo posterior, de consistencia quitinosa y color más oscuro que el resto (González, 1952; Olarte, 1972). Una vez se completa el periodo de pupa, las moscas nacen para aparearse y dar lugar a otra generación (Vélez, 1985). *A. fraterculus* se considera de importancia económica en cualquier tipo de frutal, dado que disminuye los rendimientos del cultivo y afecta la calidad y presentación de la fruta (Castaño, 2000).

Condiciones favorables

La plaga es frecuente en cultivos ubicados entre los 800 y 2300 m de altitud (Merchán, Rodríguez, & Pulgarín, 2002). La sobremaduración de los frutos en el campo y la presencia de malezas en la zona de plateo son también condiciones que favorecen la infestación de esta mosca.

Síntomas

Los daños directos se relacionan con la oviposición de las hembras en los frutos, con las larvas al consumir la pulpa (figura 4.21), la caída de los frutos y la descomposición de estos por la entrada de patógenos.



Fotos: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 4.21. Daño en frutos de mora ocasionado por la larva de la mosca de las frutas.

Manejo

Evitar que la mora se sobremadure en el campo. Manejar las malezas en el plato para recolectar con facilidad los frutos caídos e infestados por larvas de la mosca. Depositar estos frutos en fosas construidas en el suelo cubiertas con mallas de angeo, con el fin de recuperar avispas parasitoides de la plaga.

Como estrategia de seguimiento y control de las poblaciones de adultos de la mosca, se recomienda instalar trampas McPhail (figura 4.22), que llevan un atrayente alimenticio preparado con 8 cm³ de proteína hidrolizada, 1 L de agua, 1 g de bórax (previamente disuelto en agua caliente) y 2 cm³ de malatión.



Foto: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 4.22. Trampa McPhail para el muestreo de adultos de moscas de la fruta.

Las trampas se deben revisar cada ocho días para cuantificar el número de moscas, descartar y enterrar el contenido sobrante. Es necesario lavar la trampa con jabón y blanqueador límpido y luego adicionar el nuevo atrayente alimenticio, el cual se debe preparar el mismo día. Cuando la población de adultos en las trampas de monitoreo se incrementa, se recomienda realizar aplicaciones al follaje y ramas de una mezcla de proteína hidrolizada, agua y un insecticida (malatión) (Vélez, 1985). Los cebos tóxicos presentan muchas ventajas, debido a que el atrayente alimenticio incrementa la efectividad de la aplicación y disminuye en un 50 % la cantidad de insecticida utilizado, por

lo tanto, hay menor impacto sobre enemigos naturales. Adicionalmente, se recomienda establecer y distribuir, en el huerto de mora, estaciones cebo (figura 4.23), que consisten en tusas de maíz embebidas del cebo tóxico, las cuales se cubren con guadua o envases plásticos a manera de techo y se suspenden de las plantas de mora. Bajo asistencia técnica podría evaluarse también el efecto de spinosad en presentación de cebo concentrado.



Foto: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 4.23. Cebo para el control de adultos de la mosca de la fruta. Obsérvese el uso de una tusa de maíz previamente embebida en cebo tóxico, protegida por una canaleta de guadua a manera de techo y suspendida en una planta de mora.

Caracha o prodiplosis

Nombre científico

Prodiplosis sp. (Díptera: Cecidomyiidae)

Descripción e importancia

Recientemente, agricultores de mora del material sin espinas, del departamento de Risaralda, encontraron un daño en flores de la planta, que después de su diagnóstico fue identificado como una plaga, conocida comúnmente como caracha o prodiplosis (Henao & Ramírez, 2014), la cual ha sido reportada como limitante en el cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en Colombia, Ecuador y Perú (Mena, Mesa, Estrada, & García, 2014). Esta plaga es considerada de importancia económica en el cultivo de

la mora; es una mosca neotropical, pequeña y polífaga, que causa graves daños, ya que afecta severamente los botones florales necrosándolos, lo cual perjudica la producción (Mena et al., 2014; Henao & Ramírez, 2014; Betancourt, Palacios, & Patiño, 2014).

Los huevos recién ovipositados son casi transparentes, de forma ahusada, con una longitud de 266 μm , aproximadamente. Algunos individuos alcanzan el estadio de larva I en el útero de la hembra (Valarezo, Cañarte, Navarrete, & Arias, 2003; Duque, Rodríguez, Hernández, & Manzano, 2014). Valarezo et al. (2003) describen los estadios biológicos de este insecto así: la larva tiene tres instares y el último instar puede llegar a medir hasta 2 mm, es vermiforme, ápoda, el cuerpo tiene 12 segmentos; en la parte dorsal tiene una placa esclerosada, como una mancha pequeña, y en el último segmento presenta dos proyecciones que son los espiráculos. La prepupa es de color amarillo anaranjado, con una longitud de 1,31 mm; la pupa, con longitud de 0,9 mm, se puede encontrar en el suelo o adherida a las ramas o tallos de la planta dentro de un cocón blanquecino y, finalmente, el adulto es una mosca de cabeza negra, ojos grandes, cuerpo delgado, alas con venación reducida y antenas filiformes, con diferente número de segmentos según el sexo; la hembra, cuyo ovipositor es retráctil, es más grande que el macho.

Condiciones favorables

De acuerdo con Valarezo et al. (2003), la época de mayor ataque de la plaga es variable, dependiendo de las condiciones climáticas de cada zona; sin embargo, se puede decir que los meses secos del año son los más críticos. Duque et al. (2014) la encontraron en otros hospederos, como tomate de mesa y cítricos, donde las poblaciones aumentaron con la floración, lo cual para el cultivo de mora es una situación desventajosa dada la constante floración de esta planta durante todo el año.

Síntomas

Las larvas que se desarrollan dentro de botones florales ocasionan una coloración rojiza en la base del pedúnculo, e internamente se observa un raspado de la epidermis en la base de sépalos y pétalos, las anteras y pistilos se necrosan, por lo cual no se forma la inflorescencia; en estados avanzados del daño, el botón floral también se necrosa. Al abrir manualmente el botón floral afectado se pueden observar una o varias larvas alimentándose en su base. Cuando la flor logra abrirse, se observa un necrosamiento parcial o total, los pétalos se caen y anteras y pistilos aparecen necrosados (Henao & Ramírez, 2014; Betancourt et al., 2014).

Manejo

Se debe monitorear permanentemente la plantación sobre todo en aquellas zonas sombreadas y con alta humedad relativa, así como mantener plateo constante. Se recomienda la aplicación de *Metarhizium* sp. (2 g/L) y *Beauveria bassiana* (2 g/L) en la zona de plateo de la planta, con el fin de controlar pupas. El control con productos de síntesis química no es muy efectivo, debido a la ubicación del insecto dentro de los botones florales (Betancourt et al., 2014).

Se ha detectado la presencia de un parasitoide de la familia Eulophidae que parasita las larvas de *Prodiplosis* sp.

Referencias

- AbcAgro. (s. f.). *Manejo del trips occidental de las flores Frankliniella occidentalis*. Recuperado de <http://www.abcagro.com/hortalizas/trips.asp>
- Ávila, C., & Nakano, O. (1999). Efeito do regulador de crescimento lufenuron na reprodução de *Diabrotica speciosa* (Germar) (Coleoptera: Chrysomelidae). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, 28(2), 293-299.
- Bernal, M., Bustillo, A., Chaves, B., & Benavides, P. (1999). Efecto de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* sobre poblaciones de *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) que emergen de frutos en el suelo. *Revista Colombiana de Entomología*, 25(1-2), 11-16.
- Betancourt, M., Palacios, S., & Patiño, A. (2014). *Fichas técnicas para la identificación y manejo de enfermedades y plagas en mora*. Santa Rosa de Cabal, Colombia: Corporación Universitaria Santa Rosa de Cabal (Unisarc).
- Cano, D. M. (2000). Biología, comportamiento y enemigos nativos del picudo de los cítricos *Compsus* sp. Coleoptera: Curculionidae, en la zona central cafetera. En *Memorias del Seminario Nacional Sobre el Picudo de los Cítricos Compsus* sp. (Coleoptera: Curculionidae) en la Zona Central Cafetera. Pereira, Colombia: Asociación Nacional de Productores de Cítricos, Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, Sociedad Colombiana de Entomología, Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).
- Cárdenas, J., Franco, O., Romero, C., & Vargas, D. (1970). *Malezas de clima frío* (1.ª ed.). Bogotá, Colombia: Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).

- Carvajal, L. (2002). *Estudio del efecto patogénico de algunos microorganismos sobre Eurhizococcus colombianus Jakubski (Homoptera: Margarodidae)* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.
- Carvalho, J. C. M., & Costa, L. A. A. (1988). Mirídeos Neotropicais; CCXCVII. Duas novas espécies do gênero *Monalonion* Herrich – Schaeffer (Hemiptera). *Revista Brasileira de Biología*, 48(4), 893-896.
- Castaño, O. (2000). Plagas del cultivo de la mora y su manejo integrado. En *Memorias del III Seminario de Frutales de Clima Frío Moderado*. Manizales, Colombia: Centro de Desarrollo Tecnológico de Frutales.
- Castellanos, P., Botero, R., & Castrillón, C. (2003). *Manejo integrado de enfermedades y plagas en mora y tutores vivos en un sistema agroforestal* (1.^a ed.). Manizales, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Castrillón, C., Urrea, C., Guevara, N., & Rodríguez, J. (1998). Reacción de diferentes clones de lulo al ataque de la perla de tierra *Eurhizococcus* spp. en zonas de clima frío moderado del departamento de Caldas. En *Memorias del II Seminario de Frutales de Clima Frío Moderado*. Manizales, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Castrillón, C., Urrea, C., & Pineda, S. (2000). Algunos aspectos biomorfológicos y agroecológicos de la perla de tierra en zonas agroecológicas Fn. En *Memorias del III Seminario de Frutales de Clima Frío Moderado*. Manizales, Colombia: Centro de Desarrollo Tecnológico de Frutales.
- Castro, L., Flores, D., Navarro, R., & Gaviria, B. (2008). Moras silvestres (*Rubus* spp.) como patrones para mora de Castilla (*R. glaucus*) y su reacción a perla de tierra (*Eurhizococcus colombianus*). *Revista Universidad Católica de Oriente*, 26, 20-29.
- Centre for Agricultural Bioscience International (CABI). (2017). *Invasive species compendium: Frankliniella occidentalis (Western flower thrips)*. Recuperado de <https://www.cabi.org/isc/datasheet/24426>
- Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). (1999). *Annual report. Project IP-1 Bean improvement for sustainable productivity 002c input use efficiency, and poverty alleviation*. Cali, Colombia: CIAT.
- Comisión de la Comunidad Andina. (1998). *Decisión 436. Norma andina para el registro y control de plaguicidas químicos de uso agrícola*. Recuperado de <https://www.oas.org/dsd/Quimicos/Documents/Sudamerica/decision%20436%20can.pdf>

- Costa-Lima, A. M. (1945). Lepidópteros. En A. M. Costa-Lima, *Insetos do Brasil. Rio de Janeiro, Brasil. Escola Nacional de Agronomia* (cap. xxviii). Río de Janeiro, Brasil: Escola Nacional de Agronomia.
- Coto, D., & Saunders, J. (2004). *Insectos plagas de cultivos perennes con énfasis en frutales en América Central* (1.^a ed.). Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (Catie).
- Crowson, H. L., Brunt, J. A., Scott, P. R., Boa, E., Ikin, B., McGee, D., & Braun, E. (2001). *Crop Protection Compendium. International Technology Symposium*. Recuperado de http://www.ispp-itsymposium.org.nz/papers/submiss_16/index.html
- Díaz, B., Oggerin, M., López, C., Rubio, V., & Fereres, A. (2009). Characterization and virulence of *Lecanicillium lecanii* against different aphid species. *BioControl*, 54(6), 825-835.
- Dixon, A. F. G. (1977). Aphid ecology: Life cycles, polymorphism and population regulation. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 8, 329-353.
- Doreste, E. (1988). *Acarología* (2.^a ed.). San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).
- Duque, V., Rodríguez, E., Hernández, L., & Manzano, M. (2014). Dinámica poblacional de *Prodiplosis longifila* Gagné, 1986 (Díptera: Cecidomyiidae) en tomate y aportes a su biología en tomate y limón Tahití. En *Memorias del XLI Congreso Socolen*. Cali, Colombia: Sociedad Colombiana de Entomología (Socolen).
- Durán, I., Mesa, N., & Estrada, E. (1999). Ciclo de vida de *Thrips palmi* (Thysanoptera: Thripidae) y registro de hospedantes en el Valle de Cauca. *Revista Colombiana de Entomología*, 25(3-4), 109-120.
- Estrada, E., Gómez, D., Huertas, C., Mesa, N., Huertas, C., Salazar, J., ... Mena, Y. (Eds.). (2014). *Diagnóstico fitosanitario en trece renglones productivos frutícolas del departamento del Valle del Cauca*. Cali, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Valle del Cauca, Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- Foldi, I., & Soria, S. J. (1989). Les cochenilles nuisibles a la vigne en Americque du Sud (Homoptera: Coccoidea). *Annales Société entomologique de France*, 25(4), 411-430.
- Franco, G., & Giraldo, M. J. (2001). *El cultivo de la mora*. Manizales, Colombia: Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.
- García, F., Costa, J., Ferragut, F., & Lloréns, J. (1991). *Ácaros de las plantas cultivadas y su control biológico*. Alicante, España: Ediciones Pisa.

- González, R. (1952). Contribución al estudio de las moscas *Anastrephas* en Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 12(42), 423-549.
- Guarín, H. (2003a). Patogenicidad de *Paecilomyces* sp. sobre *E. colombianus* Jakubski. En *Memorias del IV Seminario Nacional de Frutales de Clima Frío Moderado*. Medellín, Colombia: Centro de Desarrollo Tecnológico de Frutales.
- Guarín, H. (2003b). Insectos. En J. Bernal, & C. Díaz (Eds.), *Tecnología para el cultivo del tomate de árbol*. Medellín, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), Instituto colombiano de la Reforma Agraria.
- Guarín, H., & Carvajal, D. (2002). La perla de tierra *Eurhizococcus colombianus* Jakubski (Homoptera: Margarodidae) en los frutales de clima frío. Posibilidades para su manejo. En *Memorias del IV Seminario Nacional de Frutales de Clima Frío Moderado*. Medellín, Colombia: Centro de Desarrollo Tecnológico de Frutales.
- Guarín, H., & Vasco, J. E. (1998). *Ciclo de vida de Thrips palmi Karny (Thysanoptera: Thripidae) y evaluación de su susceptibilidad a seis aislamientos nativos del hongo Beauveria spp. (Deuteromycotina: Hyphomycetes)* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.
- Henao, L., & Ramírez, F. (2014). *Diagnóstico e identificación de Prodiplosis en mora sin tuna (Rubus glaucus Benth.) en Risaralda* (Tesis de pregrado). Corporación Universitaria Santa Rosa de Cabal, Santa Rosa, Colombia.
- Howard, C. M., Overman, A. J., Price, J. F., & Albregts, E. (1985). *Diseases, nematodes, mites, and insects affecting strawberries in Florida* (Boletín No. 857). Florida, Estados Unidos: Agricultural Experimental Station, Institute of food and agricultural sciences, Universidad de Florida.
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2003). *Resolución No. 03759*. Recuperado de <http://www.bvsde.paho.org/bvstox/tallerplagui/colombia3.pdf>
- Iwaki, M., Honda, Y., Hanada, K., Tochiara, H., Yonaha, T., Hokama, K., & Yokoyama, T. (1984). Silver mottle disease of watermelon caused by tomato spotted wilt virus. *Plant Disease*, 68, 1006-1008.
- Jesiotr, L. (1979). The influence of the host plants on the reproduction potential of the twospotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch. (Acarina: Tetranychidae) II. Responses of the field population feeding on roses and beans. *Ekologia Polska*, 27, 351-355.
- Kameya-Iwaki, M., Hanada, K., Honda, Y., & Tochiara, H. (1988). A watermelon strain of tomato spotted wilt virus (TSWV-w) and some properties of its nucleocapsid. En *Abstracts of Papers from the 5th International Congress of Plant Pathology*. Kyoto, Japan: MAFTech.

- Kaplan, I., & Eubanks, M. (2002). Disruption of cotton aphid (Homoptera: Aphididae)-Natural enemy dynamics by red imported fire ants (Hymenoptera: Formicidae). *Environmental Entomology*, 31(6), 1175-1183.
- Kondo, D., & Gómez, C. (2008). La perla de tierra *Eurhizococcus colombianus* Jakubski, una nueva plaga de la vid, *Vitis labrusca* L. en el Valle del Cauca Colombia. *Novedades Técnicas*, 9(10), 34-40.
- Korytkowski, A. (1997). *Manual de identificación de moscas de la fruta (Parte II). Género Anastrepha Schiner, 1868*. Ciudad de Panamá, Panamá: Universidad de Panamá, Vicerectoría de Investigación y Postgrados, Programa de Maestría en Entomología.
- Lakshmi, K. V., Wightman, J. A., Reddy, D. V. R., Ranga, G. V., Buiel A. A. M., & Reddy D. D. R. (1995). Transmission of peanut bud necrosis virus by *Thrips palmi* in India. En B. Parker, M. Skinner, & T. Lewis (Eds.), *Thrips biology and management*. Burlington, Vermont, Estados Unidos: Springer Science+Business Media.
- Londoño, M. (2005). Insectos. En J. Bernal, & C. Díaz (Comps.), *Tecnología para el cultivo del brevo* (pp. 81-84). Medellín, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Londoño, M. (2008). Insectos. En J. Bernal, & C. Díaz (Comps.), *Tecnología para el cultivo del aguacate* (pp. 119-154). Bogotá, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), Centro de Investigación La Selva.
- Londoño, M. (2012). *Informe técnico final proyecto “Desarrollo de estrategias para la prevención y manejo de Monalonion velezangeli Carvalho & Costa”* (1.^a ed.). Rionegro, Antioquia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Londoño, M., & Vargas, H. (2010). *Monalonion velezangeli* Carvalho y Costa (Hemiptera: Miridae). Por qué es una plaga de importancia en cultivos de aguacate? En *Memorias del VII Seminario Internacional de Frutas Tropicales: Agroindustria e Innovación*. Medellín, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), Universidad Pontificia Bolivariana, Centro de Desarrollo Tecnológico de Frutales.
- Lopera, G. (2001). *Evaluación de la patogenicidad de aislamientos nativos de Metarhizium anisopliae Mestch. (Sorokin), sobre Eurhizococcus colombianus Jakubski (Homoptera: Margarodidae) en mora* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.

- Lublinkhof, J., & Foster, D. (1977). Development and reproductive capacity of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) reared at three temperatures. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 50(3), 313-316.
- Mena, Y., Mesa, N., Estrada, E., & García, Y. (2014). Evaluación de la resistencia a *Prodiplosis longifila* Gagné (Diptera: Cecidomyiidae) en genotipos de tomate cultivados y silvestres. *Acta Agronómica*, 63(2), 181-190.
- Meneses, E., Arango, G., Correa, G., Ruíz, O., Vargas, L. G., & Pérez, J. C. (2015). Detección de *Eurhizococcus colombianus* (Hemiptera: Margarodidae) en mora por espectroscopía del infrarrojo cercano. *Acta Agronómica*, 64(3), 280-288.
- Merchán, V., Rodríguez, J., & Pulgarín, L. (2002). *Las moscas de las frutas en Caldas* (1.ª ed.). Manizales, Caldas: Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).
- Molina, J., & López, J. (2002). Desplazamiento y parasitismo de entomonemátodos hacia frutos infestados con la broca del café *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). *Revista Colombiana de Entomología*, 28(2), 145-151.
- Montoya, C., Hincapié, L., & Uribe, V. (1997). *Principales enfermedades y plagas en el cultivo de mora* (Boletín técnico). Caldas, Colombia: Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).
- Mound, L. (2008). Identification and host associations of some *Thysanoptera Phlaeothripinae* described from Australia pre-1930. *Zootaxa*, 1714, 41-60.
- Nevo, E., & Coll, M. (2001). Effect of nitrogen fertilization on *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae): Variation in size, color, and reproduction. *Journal of Economic Entomology*, 94(1), 27-32.
- Niño, J. C., Palacio, T., & Corredor, D. (1995). Muestreo secuencial para trips *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae), en un cultivo de mora *Rubus glaucus* Benth. bajo invernadero. *Agronomía Colombiana*, 12(2), 115-126.
- Olarte, W. (1972). *Control fitosanitario en plantaciones de guayaba con especial referencia al control de la mosca de las frutas*. Bucaramanga, Colombia: Fondo Colombiano de Investigaciones Científicas y Proyectos Especiales Francisco José de Caldas, Universidad Industrial de Santander (UIS).
- Osorio, J. (2005). *Distribución radical de perla de tierra Eurhizococcus colombianus y relación con factores ambientales en mora* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.
- Peñaloza, M., & Díaz, G. (2004). *Así se maneja y controla el picudo de los cítricos (Compsus sp.)* (1.ª ed.). Bogotá, Colombia: Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).

- Posada, L., & García, F. (1976). *Lista de predadores, parásitos y patógenos de insectos registrados en Colombia* (Boletín técnico N.º 41). Bogotá, Colombia: Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).
- Quiñones, W., Vicente, B., Torres, F., Archbold, R., Murillo, W., Londoño, M., & Echeverri, F. (2008). Chemical composition of ground pearl *Eurhizococcus colombianus* cysts. *Molecules*, 13(1), 190-194.
- Ramírez-Cortés, J., Gil-Palcio, Z., Benavides-Machado, P., & Bustillo-Pardey, A. (2008). *Monalonion velezeangeli*. La chinche de la chamusquina del café. *Avances Técnicos Cenicafé*, 367, 1-8.
- Roa, M., Sánchez, G., Montoya, C., Gómez, C., Vargas, J., Guerrero, C., & Zambrano, G. (2001). *Manejo del picudo de los cítricos Compsus sp* (Boletín de Sanidad Vegetal N.º 33). Bogotá, Colombia: Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).
- Rodríguez, J. (1977). The biology and ecology of the tetranychid mite complex in cassava in perspective. En T. Brekelbau, A. Bellotti, & J. C. Lozano (Eds.) *Cassava Protection Workshop CIAT* (pp. 171-175). Cali Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical.
- Sánchez, G. (2000). Manejo del picudo de los cítricos *Compsus* sp. (Coleoptera: Curculionidae). En *Memorias del Seminario Nacional Sobre el Picudo de los Cítricos Compsus sp. (Coleoptera: Curculionidae)*. Pereira, Colombia: Asociación Nacional de Productores de Cítricos, Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, Sociedad Colombiana de Entomología, Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).
- Schulz, S., Francke, W., König, W. A., Schurig, V., Mori, K., Kittmann, R., & Schneider, D. (1990). Male pheromone of swift moth, *Hepialus hecta* L. (Lepidoptera: Hepialidae). *Journal of Chemical Ecology*, 16(12), 3511-3521.
- Soria, S., & Gallotti, B. (1986). *O Margarodes da Videira Eurhizococcus brasiliensis (Homóptera: Margarodidae): biología, ecología e controle no soul do Brasil* (Circular técnica, 13). República Federativa de Brasil: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (em br apa), Ministério da Agricultura, Centro Nacional de Pesquisa de Uva e Vinho (CNPUV), Bento Gonçalves, RS.
- Takematsu, A., Potenza, M., & Pereira, J. (1999). Efficiency of insecticides in the control of *Thrips palmi* in the cultivation on *Chrysanthemum* sp. *Revista de Agricultura Piracicaba*, 74(3), 373-378.
- Tavares, G. (2008). *Anastrepha fraterculus* (se publica sin modificación, de acuerdo con los términos de la licencia Attribution 2.0 Generic [CC BY 2.0]: <https://creativecommons.org/licenses/by/2.0/>). Recuperado de <https://nl.m.wikipedia.org/wiki/Bestand:Anastrepha-fraterculus.jpg>.

- Teixeira, I., Botton, M., & Loeck, A., (2002). Avaliação de Inseticidas Visando ao Controle de *Eurhizococcus brasiliensis* (Hempel) (Hemiptera: Margarodidae) em Novos Plantios de Videira. *Neotropical Entomology*, 31(3), 457-461.
- Torres, F. (2013). *Relación del comportamiento poblacional de Monalonion velezeangeli Carvalho & Costa con factores del clima y la fenología del aguacate* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.
- Urueta, E. (1980). Taxonomía, biología y ecología de ácaros. En *Memorias del Seminario Ácaros Fitófagos*. Palmira, Valle del Cauca, Colombia: Sociedad Colombiana de Entomología.
- Valarezo, O., Cañarte, E., Navarrete, B., & Arias, M. (2003). *Prodiplosis longifila* (Diptera: Cecidomyiidae) principal plaga del tomate en Ecuador. Ecuador: Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Estación Experimental Portoviejo, Proyecto IG CV 028.
- Van Driesche, R., & Bellows, T. (1996). Biology of arthropod parasitoids and predators. En *Biological Control*. Bostón, Estados Unidos: Springer.
- Vélez, R. (1985). *Plagas agrícolas de impacto económico en Colombia: bionomía y manejo integrado* (1.^a ed.). Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia, Ciencia y Tecnología.
- Weems, H. V., Jr. (1980). *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) Florida. *Department of Agriculture and Consumer Service. Entomology Circular*, 217, 1-4.
- Whitfield, A., Ullman, D., & German, T., (2005). Tospovirus-thrips interactions. *Annual Review of Phytopathology*, 43, 459-489.
- Wille, J. E. (1952). *Entomología agrícola del Perú: manual para entomólogos, ingenieros agrónomos, agricultores y estudiantes de agricultura*. Lima, Perú: Ministerio de Agricultura.
- Zapata, P. (2013). *Distribución espacial y manejo de la perla de tierra Eurhizococcus colombianus Jakubsky* (Hemiptera: Margarodidae) con hongos entomopatógenos en mora de Castilla *Rubus glaucus* Benth (Rosaceae) (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Valle del Cauca, Colombia.
- Zenner de Polanía, I. (1974). Taxonomía, descripción y hábitos del barrenador del cuello y tallo de la mora de Castilla. En *Memorias del II Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología*. Cali, Colombia: Sociedad Colombiana de Entomología.





Capítulo V

Enfermedades asociadas

Alegría Saldarriaga Cardona

Mónica Betancourt Vásquez

Pablo Julián Tamayo Molano

Erika Patricia Martínez Lemus

Yimmy Alexander Zapata Narváez

Camilo Rubén Beltrán Acosta

Alba Marina Cotes Prada

Entre las principales limitantes de la producción en el cultivo de mora se consideran las enfermedades, que en su mayoría son endémicas. Estas se presentan en todas las zonas productoras y afectan los cultivos al ocasionar daño directo sobre los diferentes órganos de las plantas, e incidir de manera negativa en los rendimientos, la vida útil del cultivo y los ingresos del productor (Díaz, Saldarriaga, Navas, Tamayo, & Zapata, 2009; Gaviria, 2011). Betancourt, Zuleta y Castellanos (2003) mencionan pérdidas hasta del 80 % de la producción de mora en condiciones inadecuadas de manejo de las enfermedades.

Entre los limitantes fitosanitarios de la mora se encuentran la antracnosis ocasionada por especies del hongo *Colletotrichum*; el mildew veloso, por especies de *Peronospora*; el mildew polvoso, por *Oidium*, y el moho gris, por *Botrytis cinerea*, las cuales han sido enfermedades prevalentes en los sistemas de producción de la mora (Afanador, Álvarez, González, & Mejía, 2014; Betancourt, Palacios, & Patiño, 2014; Gaviria, 2011; Rueda et al., 2012; Saldarriaga & Bernal, 2000; Tamayo, 2003).

Las enfermedades de las plantas son causadas por agentes externos que pueden ser microorganismos o condiciones adversas del ambiente. El agente cuya interferencia con la planta provoca la enfermedad se llama agente causal, la planta enferma o susceptible a enfermarse se conoce como hospedante, y la manifestación visible de la enfermedad (alteración) en la planta se llama síntoma. Entre los síntomas más comunes de las enfermedades se encuentran: coloración anormal de los tejidos, manchas, necrosis o muerte de tejidos, cánceres o chancros, marchitamientos, pudriciones, crecimientos anormales (González, 1985).

Una forma de agrupar las enfermedades es de acuerdo al agente causal. Las enfermedades bióticas, conocidas también como enfermedades infecciosas, son ocasionadas por hongos, bacterias, virus, fitoplasmas y nematodos, los cuales obtienen su alimento y energía de la planta que colonizan. El agente que causa una enfermedad infecciosa se llama patógeno. Los patógenos poseen estructuras propias, que a veces son visibles sobre o dentro de los tejidos de la planta enferma; estas estructuras se llaman signos. Los signos corresponden a las unidades de reproducción y multiplicación del patógeno, y a los cuerpos donde se originan; estas estructuras tienen diferentes nombres de acuerdo al patógeno y a la ubicación taxonómica de este; por ejemplo, se llaman esporas a las unidades de propagación de hongos, y acérvulo o picnidio al cuerpo donde ellas se forman (para el caso de hongos de los órdenes *Melanconiales* y *Sphaeropsidales*, respectivamente).

Las enfermedades abióticas se conocen como enfermedades no infecciosas y son causadas por factores ambientales que deterioran la planta, entre estos: condiciones adversas por lluvia, radiación solar, temperatura y humedad, carencias o excesos de nutrientes, contaminantes ambientales y daños mecánicos (Castaño & Del Río, 1997; González, 1985; Saldarriaga, Bernal, & Tamayo, 2000).

Teniendo en cuenta estos conceptos, una enfermedad es una alteración fisiológica o estructural desfavorable que sufre la planta, cuando es atacada por un agente abiótico o por un patógeno que hace que se alteren los procesos de síntesis, translocación

y utilización de agua, minerales y sustancias elaboradas, haciendo que la planta afectada no produzca de acuerdo con su potencial genético. La enfermedad es el resultado de la interacción dinámica entre un hospedante (planta) susceptible, un patógeno o un agente abiótico y el ambiente (Castaño, 1994, 2002; González, 1985; Mont, 1993; Pérez, 1994; Saldarriaga et al., 2000).

La correcta identificación y el conocimiento de los aspectos biológicos de las enfermedades que afectan el cultivo de la mora son fundamentales para la implementación de las medidas de manejo (Betancourt et al., 2003). Para este propósito se considera el manejo integrado de enfermedades; el cual es la selección y uso de diferentes prácticas y métodos de control disponibles en una forma apropiada, oportuna y compatible, de tal manera que produzcan una disminución de las poblaciones de organismos patógenos para que se mantengan en un nivel tan bajo que no ocasionen daños o pérdidas económicas en el cultivo. Se debe hacer uso de los métodos de control cultural (prácticas de cultivo) biológico, físico, químico, genético, legislativo (Mont, 1993; Saldarriaga et al., 2000). El uso integrado y oportuno de los diferentes métodos de control de las enfermedades de las plantas permite obtener cultivos sanos, con productos de buena calidad, por lo tanto, con la realización de una sola práctica de control no se tienen las mismas posibilidades de éxito (Castaño, 1994; Pérez, 1994; Tamayo, 2003). Para la implementación del manejo integrado es importante la realización de revisiones (monitoreos) periódicas al cultivo, con el fin de determinar en tiempo real el estado sanitario, evaluar el progreso de las enfermedades o el control logrado con las medidas aplicadas; esto permite hacer ajustes o modificaciones a las prácticas de manejo que están en aplicación, con el fin de prevenir, retardar o disminuir la epidemia, de tal forma que se pueda reducir el efecto de las enfermedades sobre los rendimientos del cultivo (Castaño, 1994, 2002; Pérez, 1994).

En este capítulo se describen e ilustran los síntomas de las principales enfermedades de la mora y se sugieren recomendaciones técnicas, con el fin de orientar a los asistentes técnicos y a los productores en la toma de decisiones para la implementación de las medidas de manejo integrado de las enfermedades de la mora en Colombia.

Enfermedades causadas por hongos

La mora es afectada por enfermedades fungosas que atacan diferentes estructuras de la planta, como raíces, tallos, hojas, botones florales, flores y frutos. Tales afecciones se ven favorecidas por distintas condiciones: material de propagación de mala calidad, uso de cultivares susceptibles, humedad relativa alta, presencia de malezas, podas inadecuadas, deficiencias nutricionales y falta de labores culturales oportunas y apropiadas. Las principales enfermedades ocasionadas por hongos son la antracnosis, el mildew polvoso, el moho gris y ocasionalmente la roya. A excepción de esta última enfermedad, las demás se encuentran presentes en todos los sistemas productivos de mora en Colombia.

Antracnosis del fruto, muerte descendente, secadera, palo negro

Agente causal

Glomerella cingulata (Stonem.) Spauld. & Schrenk. Anamorfo *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. (Buriticá, 1999); *Colletotrichum acutatum* Simmonds; *Colletotrichum boninense* Moriw., Sato & Tsukib (Afanador et al., 2009; Rueda, 2010; Rueda et al., 2012; Saldarriaga, Castaño, & Arango, 2008; Saldarriaga et al., 2012; Saldarriaga, Rodríguez, & Arango, 2002).

Importancia y distribución

La antracnosis es una enfermedad de común ocurrencia en cultivos de mora en los departamentos de Antioquia, Caldas, Risaralda, Cundinamarca, Boyacá, Valle del Cauca, Cauca, Santander y Huila (Forero de La Rotta, 1993; Gómez, 1992; Merchán, Roldán, & Pérez, 2000; Montoya, Hincapié, & Uribe, 1997; Tamayo, 1994, 1995; Tamayo, Giraldo, & Becerra, 2002). La presencia de la enfermedad es favorecida por la humedad relativa alta y la abundancia de malezas (Forero de La Rotta et al., 2002; Montoya et al., 1997; Tamayo, 1995; Tamayo et al., 2002). La especie *C. gloeosporioides* es la más distribuida en Colombia y la que posee altos niveles de patogenicidad (Arenas, Álvarez, González, & Mejía, 2007; Forero de La Rotta et al., 2002). No obstante, en el año 2012, la especie *C. acutatum* fue la de mayor prevalencia en las zonas productoras de mora en Antioquia, Eje Cafetero, Cundinamarca y Santander, mientras que en los departamentos del Tolima y Huila se encontró un balance entre las especies *C. gloeosporioides* y *C. acutatum* con leve incremento de la prevalencia

de *C. gloeosporioides* en Huila. Esto sugiere una dinámica en el comportamiento y distribución de las especies del hongo en los ambientes productivos de la mora (Saldarriaga et al., 2012).

El hongo se presenta en tallos y ramas ocasionando la enfermedad conocida con el nombre de palo negro, muerte descendente o secadera de la mora (Tamayo, 2002). Al igual que el moho gris, la incidencia y severidad de la antracnosis depende de la localidad y varía con los años (Arias, 1995; Castro, Márquez, Restrepo, & Vélez, 1995; Forero de La Rotta et al., 2002). Entre 1992 y 1994, esta enfermedad ocasionó la desaparición de algunas plantaciones de mora en el oriente antioqueño (Arias, 1995; Tamayo, 1995).

Un estudio realizado en 1996, en la misma zona productora, determinó que la antracnosis solo era responsable de una pérdida del 5 % de los frutos afectados por diferentes enfermedades (Tamayo & Peláez, 2000); sin embargo, en la actualidad es una enfermedad de importancia económica, ya que afecta entre el 50 y el 83 % de los tallos de las plantas de mora cultivadas (Tamayo, 2002; Díaz et al., 2013), y entre 19 y 33 % en los brotes jóvenes ocasionando muerte descendente (Díaz et al., 2013).

Síntomas

El principal daño que se observa cuando la antracnosis se presenta en cultivos de mora es la muerte progresiva y descendente de los brotes y las ramas; las ramas afectadas se marchitan, las hojas se amarillan, se secan y, finalmente, mueren con las hojas y los frutos adheridos a estas (figura 5.1a) (Afanador et al., 2009; Forero de La Rotta et al., 2002; Gómez, 1992; Montoya et al., 1997; Rueda, 2010; Saldarriaga, 2006; Saldarriaga & Bernal, 2000; Saldarriaga et al., 2008; Tamayo, 1995, 2009).

En los tallos afectados se observan manchas ovaladas de color morado o violáceo que cubren parcial o totalmente el tallo, sobre estas pueden aparecer puntos diminutos de color negro con masas de color amarillo intenso (figura 5.1b) correspondientes a la esporulación del hongo (Franco & Giraldo, 2000; Gaviria, Patiño, & Saldarriaga, 2013; Montoya et al., 1997; Saldarriaga & Bernal, 2000; Saldarriaga et al., 2012; Tamayo, 1995). Luego las lesiones se tornan negras y se secan, de ahí que en algunas zonas a la enfermedad se le conozca con el nombre de palo negro (Gómez, 1992; Montoya et al., 1997; Tamayo, 1995; Tamayo & Peláez, 2000). Cuando la infección en los tallos principales es severa, el hongo produce la muerte de la planta (Saldarriaga & Bernal, 2000; Tamayo, 2002; Tamayo & Peláez, 2000).

En ocasiones, las lesiones se localizan alrededor de las espinas y presentan manchas blancuzcas con diminutos puntos negros (Rueda, 2010; Tamayo, 2002; Tamayo & Peláez, 2000). En temporada de humedad alta, sobre las lesiones se evidencia la esporulación del hongo en forma de masas diminutas de color amarillo intenso (figura 5.1c).

Las especies del hongo causantes de la antracnosis también pueden afectar yemas vegetativas, brotes tiernos y cogollos en ramas vegetativas, inflorescencias y frutos (Ávila, González, Forero de la Rotta, & Vargas, 2003; Botero, Franco, Castaño, & Ramírez, 1999; Franco & Giraldo, 2000; González, Ávila, Forero de la Rotta, & Vargas, 2003; Saldarriaga et al. 2012). En las inflorescencias, la enfermedad se manifiesta con producción de necrosis de los tejidos y muerte descendente de la estructura (figura 5.1d) (Rueda, 2010). Los brotes tiernos de las ramas se ennegrecen y las hojas recién formadas se marchitan, amarillan y mueren adheridas a la planta (Castro & Díaz, 2001; Tamayo, 2002; Tamayo & Peláez, 2000).

La enfermedad se encuentra esporádicamente en frutos maduros, los cuales presentan deshidratación, necrosis y pudrición húmeda (figura 5.1e), con presencia de estructuras del hongo sobre el tejido enfermo (Botero et al., 2002; Saldarriaga & Bernal, 2000).



Fotos: Alegría Saldarriaga Cardona

Figura 5.1. Síntomas de antracnosis en diferentes órganos de la planta de mora.

a. Síntomas en plantas afectadas: amarillamiento de las hojas y muerte descendente de las ramas; b. Lesión en tallo con esporulación del hongo; c. Lesiones alrededor de las espinas con esporulación del hongo; d. Necrosis de las inflorescencias; e. antracnosis en frutos.

El hongo penetra por la epidermis y las heridas dejadas en las ramas y tallos durante las labores de poda (Ávila et al., 2003; González et al., 2003; Tamayo, 2002). Al interior de los tallos afectados se observa una necrosis de color café claro (Tamayo, 2003), también penetra por los brotes tiernos de las ramas, y en las yemas permanece latente (Tamayo, 2002; Ávila et al., 2003; Tamayo & Peláez, 2000).

Manejo integrado de la antracnosis

El manejo integrado de la enfermedad se fundamenta en la revisión periódica del cultivo (monitoreo) y la realización adecuada y oportuna de las prácticas agronómicas: principalmente las podas de ramas enfermas y de aquellas que ya dieron frutos, podas de aireación, remoción de hojas en el tercio bajo de las plantas (poda de realce), manejo de residuos de podas, ploteo permanente, control de malezas en calles y fertilización apropiada de acuerdo con los resultados del análisis químico de suelos (Betancourt et al., 2014; Franco & Giraldo, 2000; Forero de La Rotta, 2007; Marulanda et al., 2011; Mesa et al., 2014; Múnera et al., 2012; Saldarriaga et al., 2012; Saldarriaga, Franco, Díaz, & Múnera, 2017; Tamayo, 2003).

También se debe tener en cuenta el momento climatológico (temporada seca o húmeda), la fenología del cultivo y los niveles de la enfermedad. En un estudio realizado por Sanabria (2015), en el cultivo de “mora sin espinas”, bajo condiciones del Eje Cafetero colombiano, se encontró que las mayores incidencias de antracnosis se presentaron bajo condiciones de lluvias poco intensas pero frecuentes, con temperaturas de rocío entre 14-13 °C, temperatura media de 15 °C y humedad relativa superior al 95 %. En temporadas húmedas se debe realizar monitoreo semanal y en épocas secas, quincenal. Para el monitoreo de la enfermedad se sugiere seleccionar el 10 % de la población de plantas del cultivo, con la precaución de que se encuentren distribuidas en la parte alta, media y baja del lote, a cada planta se le realiza conteo de tallos totales y tallos enfermos, para estimar el porcentaje de tallos enfermos por planta (incidencia por planta), esto se calcula con la aplicación de la ecuación 1, y luego se halla el promedio para el total de plantas muestreadas.

$$\text{Porcentaje de incidencia de antracnosis en tallos} = \frac{\text{Número de tallos afectados por planta}}{\text{Número de tallos observados por planta}} \times 100 \quad \text{Ecuación 1}$$

Además, se debe considerar el tamaño de las lesiones (área afectada), para valorar la severidad de la enfermedad y el estado sanitario del cultivo, con el propósito de orientar la toma de decisiones de manejo (Saldarriaga et al., 2017). Cuando la enfermedad lo amerite, previa valoración de la incidencia y severidad por parte del asistente técnico, se realizan las labores culturales complementadas con la aplicación, en rotación, de productos fungicidas con ingredientes activos como azoxystrobin, carbendazim, difenoconazol, tebuconazol, trifloxystrobin y moléculas a base de cobre, entre otras, que son útiles para el control de la enfermedad. En lo referente a control biológico se menciona la aplicación al suelo, al momento de la siembra, de microorganismos antagonistas e hiperparásitos, entre estos la mezcla de *Azospirillum brasilense*, *Azotobacter chroococcum*, *Lactobacillus acidophilus*, *Saccharomyces cerevisiae* y la aplicación de *Trichoderma* en mezcla de diferentes especies como *T. harzianum*, *T. koningii*, *T. lignorum*, *T. viride* y bacterias como *Bacillus subtilis*.

Para la selección y aplicación de los fungicidas se debe considerar el nivel de enfermedad en el cultivo, el momento climatológico, el estado fenológico del cultivo y la susceptibilidad del material a la enfermedad, las recomendaciones de la ficha técnica del producto que se va a aplicar, el modo y mecanismo de acción de los productos y la calibración de la fumigadora. Esto es fundamental para lograr un buen control de la enfermedad, evitar la generación de resistencia en el hongo, la presencia de trazas de plaguicidas en la fruta y la contaminación del ambiente. Se considera que cuando más del 50 % de los tallos presentan una severidad superior al 10 % se debe realizar poda severa para renovar el cultivo. Además, es necesario mantener el monitoreo con registro de la información, para valorar la eficiencia de las medidas sanitarias, en especial la protección en los nuevos tallos (Arroyave & Salazar, s. f.; Betancourt et al., 2014; Forero de la Rotta, 2007; Forero de la Rotta et al., 2002; González et al., 2003; Marulanda et al., 2011; Mesa et al., 2014; Múnera et al., 2012; PLM, 2016; Saldarriaga et al., 2012, 2017).

Mildeo velloso, peronospora, tuza

Agente causal

Esta enfermedad es ocasionada por *Peronospora rubi* Rabenh. (Buriticá, 1999), *Peronospora potentillae* Bary, *Peronospora sparsa* Berk (Betancourt et al., 2014). Según Castaño (2015), *Peronospora* sp. pertenece al reino Stramenopila (Chromista).

Importancia y distribución

El mildeo vellosa de la mora es una enfermedad de reciente ocurrencia en Colombia (Buriticá, 1999; Forero de La Rotta, 1993; Tamayo, 1994, 1995). La enfermedad se presenta en cultivos de mora ubicados en los departamentos de Antioquia, Caldas, Risaralda, Santander, Cauca, Huila y Cundinamarca (Buriticá, 1999; Forero de La Rotta, 1993; Montoya et al., 1997; Tamayo, 1995; Tamayo et al. 2002). En los últimos años, el mildeo vellosa ha sido considerado una enfermedad de creciente importancia económica en cultivos de mora ubicados en el oriente de Antioquia (Tamayo, 1995). De la fruta cosechada afectada por enfermedades, entre el 20 y 30 % se atribuye al mildeo vellosa (Tamayo, 2003; Tamayo & Peláez, 2000).

Síntomas

El agente causal del mildeo vellosa afecta tallos, peciolos, hojas, pedúnculos, botones florales y frutos (Franco & Giraldo, 2000; Montoya et al., 1997; Saldarriaga & Bernal, 2000; Tamayo, 1995, 2002). Los tallos enfermos presentan coloraciones moradas sobre las que ocasionalmente aparecen lesiones blancas, y sobre estas puede aparecer una vellosidad de color gris claro (figura 5.2a), que corresponde a la esporulación del patógeno (Saldarriaga & Bernal, 2000; Tamayo, 2003). En las hojas, los síntomas no son tan frecuentes ni visibles y sólo se observan las estructuras del patógeno en el envés de las mismas (Tamayo, 2003). Los botones florales afectados presentan lesiones de color café claro a negro, que progresan hasta cubrir completamente la estructura, los pedúnculos se secan, y junto con los peciolos que acompañan la estructura floral presentan lesiones con tonalidades moradas sobre las cuales puede aparecer también la esporulación del patógeno (figura 5.2b).

En las flores se presenta un amarillamiento o secamiento de los pétalos que luego se caen. Los daños por mildeo vellosa se observan también en los sépalos, donde causa una lesión de color café claro a negro (Franco & Giraldo, 2000; Tamayo, 2002; Tamayo et al., 2002; Tamayo & Peláez 2000). La lesión avanza desde la parte externa hacia el interior del sépalo (Tamayo, 2003).

En los frutos afectados se observa una formación irregular de las drupas, maduración dispareja y pérdida de brillo, lo cual afecta la calidad de la fruta para la comercialización (Saldarriaga & Bernal, 2000); los frutos verdes detienen su desarrollo, sufren deformaciones, se resecan y se maduran extemporáneamente (figura 5.2c). En épocas húmedas, el patógeno crece y se puede observar sobre la superficie de los tejidos afectados (figura 5.2d).



Fotos: Alegria Saldarriaga Cardona

Figura 5.2. Síntomas de mildeo veloso en diferentes órganos de la planta de mora. a. Lesiones moradas con áreas blancas y esporulación del patógeno; b. Necrosis de los botones florales, acompañada de lesiones y esporulación del patógeno; c. Malformación, maduración prematura de los frutos y llenado irregular de las drupas; d. Esporulación del patógeno sobre el fruto.

Cuando las condiciones de humedad relativa son altas (mayores del 80 %), prevalecen temperaturas moderadas a frías (17 a 20 °C) y se presentan lluvias continuas, el patógeno crece sobre la superficie de los frutos y estos exhiben una vellosidad gris clara (figura 5.2d) que corresponde a los esporangióforos y esporangios del patógeno (Tamayo, 1995, 2002; Tamayo & Peláez, 2000; Saldarriaga et al., 2017). Sanabria (2015) encontró una relación directa entre el incremento de la temperatura y la incidencia de la enfermedad, y observó que condiciones de baja precipitación y alta humedad relativa (mayor a 80 %) favorecían el desarrollo acelerado de la enfermedad.

Manejo integrado del mildeo veloso

Para el manejo del mildeo veloso se debe mantener el cultivo con buena circulación de aire, para bajar la humedad dentro de la plantación y desfavorecer el desarrollo e incremento de la enfermedad. También es necesario realizar oportunamente las labores de podas sanitarias, para eliminar tejidos afectados y disminuir fuentes de infección, así como podar las ramas que ya dieron frutos, hacer manejo de residuos de podas, plateo permanente, control de malezas en calles y fertilización apropiada (Betancourt et al., 2014; Díaz et al., 2013; Mesa et al., 2014; Múnera et al., 2012; Peláez, Castro, & Tamayo, 2000; Tamayo, 2003). Es importante tener en cuenta el

momento climatológico, la fenología del cultivo y la realización del monitoreo (quincenal en temporadas húmedas y semanal en épocas secas), de acuerdo con la metodología ya descrita en el ítem desarrollado para antracnosis. Además del monitoreo en los tallos, para esta enfermedad, se debe considerar la incidencia en los frutos, para lo cual se realiza conteo en cuatro racimos por planta, en cada racimo se cuenta el total de frutos y en estos, el número de ellos que presenten síntomas de mildew veloso, y se estima la incidencia por racimo mediante la aplicación de la ecuación 2.

$$\text{Porcentaje de incidencia de mildew veloso en frutos} = \frac{\text{Número de frutos afectados en el racimo}}{\text{Número total de frutos del racimo}} \times 100 \text{ Ecuación 2}$$

Luego se promedian los valores de los cuatro racimos para obtener la incidencia por planta, posteriormente se calcula el valor promedio para las plantas evaluadas, y con esto se infiere para todo el cultivo y se toman las medidas de manejo sanitario. La cuantificación de la incidencia en frutos permite determinar el punto de equilibrio, para conocer el momento en el que se empiezan a tener pérdidas, de acuerdo con las variables agronómicas y económicas propias de cada región y del cultivo (rendimientos, valor de la producción, costos de producción, precio de venta de la fruta); así mismo, esta es útil para la toma de decisiones tanto de carácter técnico como administrativo. En frutos se considera una incidencia baja cuando es menor del 25 %, media entre 25 y 29 %, y al alta cuando es mayor del 29 % (Saldarriaga et al., 2017).

Cuando la enfermedad lo amerite, previa valoración por parte del asistente técnico, las labores culturales se complementan con la aplicación de productos fungidas con ingredientes activos a base de azoxystrobin, ácido fosforoso, cobre, cymoxanil, dimetomorf, fosetil aluminio, mandipropamida, metalaxyl, cymoxanil + propamocarb, propineb + fluopicolide.

En lo referente a control biológico se menciona la aplicación de aspersiones del hongo *Trichoderma viride*. La selección del fungicida por aplicar debe considerar las instrucciones de la ficha técnica de los productos, el modo y mecanismo de acción del producto, el nivel de enfermedad en el cultivo y el momento climatológico. También es fundamental la rotación de los productos, la calibración de la fumigadora y el desempeño del operario que realiza la aplicación, para lograr un buen control de la enfermedad, evitar la presencia de trazas de plaguicidas en la fruta y la contaminación ambiental (Arroyave & Salazar, s. f.; Betancourt et al., 2014; Díaz et al., 2013; Mesa et al.,

2014; Múnera et al., 2012; Peláez et al., 2000; plm, 2016; Saldarriaga, 2012; Saldarriaga et al., 2017; Tamayo, 2003; Tamayo & Peláez, 2000). Se considera que cuando más del 50 % de los tallos presentan severidad superior a 25 % y la incidencia en frutos es mayor de 29 % se debe realizar poda severa para renovación del cultivo (Saldarriaga et al., 2017).

Mildeo polvoso, cenicilla, oidio, crespera

Agente causal

Oidium Link (Buriticá, 1999; Tamayo, 2003)

Importancia y distribución

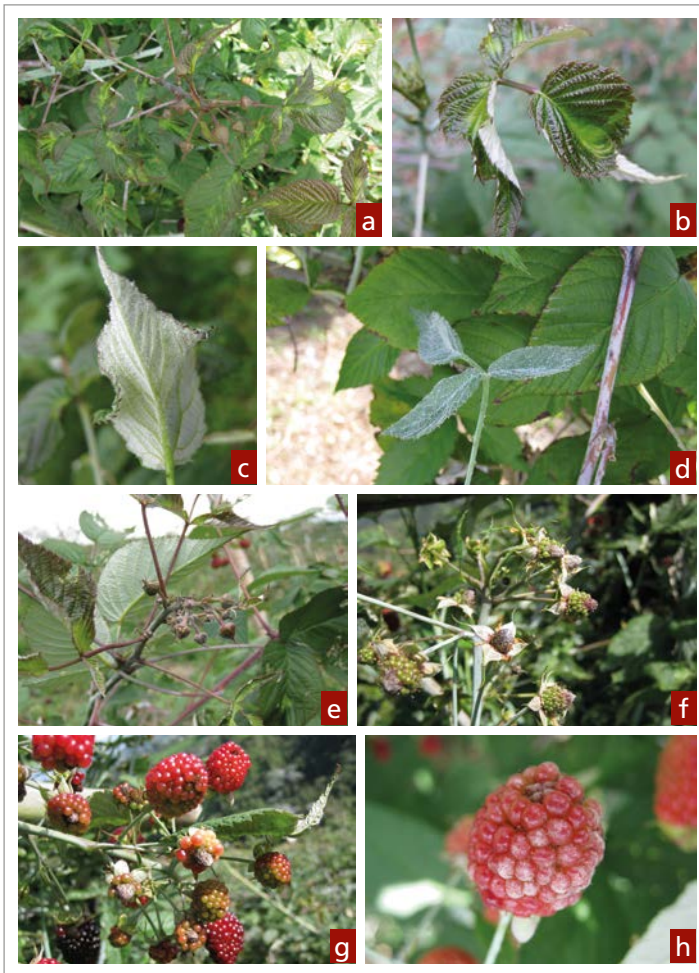
El mildew polvoso o cenicilla es una enfermedad de importancia económica durante periodos secos, y se presenta en todas las zonas productoras de mora de los departamentos de Antioquia, Caldas, Risaralda, Cundinamarca, Boyacá, Santander, Cauca y Huila (Castaño, 1978; Forero de La Rotta, 1993; Franco & Giraldo, 2000; Montoya et al., 1997; Merchán et al., 2000; Tamayo, 1994, 2001; Tamayo et al., 2002). Cuando no se realizan medidas de control oportuno la enfermedad puede llegar a ser limitante al cultivo (Tamayo, 2001, 2002).

Síntomas

El mildew polvoso afecta principalmente a las hojas jóvenes. El síntoma más común es la deformación, enroscamiento o encrespamiento de las hojas con presencia de manchas cloróticas irregulares y difusas que semejan un mosaico suave en la superficie de las hojas (figuras 5.3a y 5.3b) (Franco & Giraldo, 2000; Saldarriaga & Bernal, 2000; Tamayo, 2002; Tamayo et al., 2002). Las hojas se enroscan hacia arriba o hacia abajo y sus bordes se deforman (figuras 5.3b y 5.3c) (Franco & Giraldo, 2000; Saldarriaga & Bernal, 2000; Tamayo, 2002). En algunas ocasiones se puede observar la aparición de un polvo blanco en el envés de las hojas, que corresponde al crecimiento esporulante del hongo que causa la enfermedad (figura 5.3c). En cultivos bajo invernadero o en condiciones de verano prolongado, el hongo puede crecer profusamente sobre la superficie de las hojas produciendo un crecimiento blanquecino o polvillo de color blanco (figura 5.3d) (Franco & Giraldo, 2000; Tamayo, 2002).

La enfermedad también afecta estructuras reproductivas, entre estas: botones florales, flores y frutos en diferentes etapas de desarrollo fenológico (figuras 5.3e, 5.3f y 5.3g).

Los botones florales afectados pueden presentar deformación, alteración del desarrollo y exhiben un polvillo blanco sobre la superficie (figura 5.3e). Los frutos infectados se deforman, retrasan el desarrollo y el hongo crece en forma de un polvillo blanco sobre la superficie de estos (figuras 5.3f y 5.3g). Cuando el fruto es atacado en estado avanzado de desarrollo presenta el crecimiento del hongo en la superficie sin sufrir graves alteraciones (figura 5.3h) (Mesa et al., 2014; Saldarriaga et al., 2017).



Fotos: Alegría Saldarriaga Cardona

Figura 5.3. Síntomas de mildew polvoso en diferentes órganos de la planta de mora. a. Síntoma de encrespamiento y zonas cloróticas en hojas jóvenes; b. Detalle de áreas cloróticas y deformación de los bordes de las hojas; c. Esporulación del hongo en el envés de la hoja; d. Esporulación del hongo en la lámina foliar; e. Malformación, necrosamiento de los botones florales y esporulación del hongo sobre estos; f. Malformación de los frutos en desarrollo y crecimiento del hongo sobre ellos; g. Afección de frutos en diferentes estados de desarrollo fenológico; h. Afección tardía con esporulación del hongo sobre fruto maduro.

Manejo integrado del mildeo polvoso

Para el manejo integrado es imprescindible la realización oportuna de las podas sanitarias con remoción y destrucción del material afectado para disminuir focos de infección, así como realizar fertilización oportuna y adecuada según los resultados del análisis químico del suelo, y corregir deficiencias de azufre y hierro (Betancourt et al., 2014; Franco & Giraldo, 2000; Mesa et al., 2014; Tamayo, 2003). Esta enfermedad, según estudios realizados por Sanabria (2015), incrementa su incidencia cuando la precipitación disminuye y se presentan condiciones de temperaturas altas (20 a 30 °C) y humedad relativa superior a 97 %. Se recomienda realizar el monitoreo cada ocho días en temporadas secas y cada quince en temporadas húmedas, para esto se inspecciona el área foliar, las inflorescencias y los frutos en todos los estados de desarrollo, con el propósito de detectar los síntomas de la enfermedad y realizar la cuantificación de la misma. Cuando se presentan síntomas en las hojas, se evalúan cuatro ramas por planta seleccionada para el monitoreo (la selección de las plantas se hace con la metodología ya descrita en el ítem desarrollado para antracnosis); en cada rama se cuenta el total de hojas y de estas, el número que presentan síntomas de mildeo polvoso, y se estima la incidencia por rama mediante la ecuación 3.

$$\text{Porcentaje de incidencia de mildeo polvoso en hojas} = \frac{\text{Número de hojas afectadas en la rama}}{\text{Número total de hojas en la rama}} \times 100 \quad \text{Ecuación 3}$$

Luego se promedian los valores de incidencia de las cuatro ramas, para hallar la incidencia por planta, y con estos se calcula el valor promedio para las plantas evaluadas, y se infiere para el cultivo.

Cuando la enfermedad se manifiesta en las inflorescencias y frutos, se evalúan cuatro racimos por planta seleccionada para el monitoreo, y en cada racimo se cuentan las estructuras reproductivas totales (botones florales, flores y frutos) y de estas, el número de estructuras afectadas por mildeo polvoso, y se aplica la ecuación 4 para estimar la incidencia por racimo.

$$\text{Porcentaje de incidencia de mildeo polvoso por racimo} = \frac{\text{Número de estructuras afectadas en el racimo}}{\text{Número total de estructuras en el racimo}} \times 100 \quad \text{Ecuación 4}$$

Se promedian los valores de los cuatro racimos para hallar la incidencia por planta y luego se calcula el valor promedio para las plantas evaluadas, con esto se infiere para todo el cultivo y se toman las medidas de manejo sanitario. La cuantificación de la enfermedad en los racimos toma importancia especial para la valoración de las pérdidas. En las estructuras reproductivas se considera una incidencia baja cuando es menor del 25 %, media entre 25 y 29 %, y alta cuando es mayor del 29 % (Saldarriaga et al., 2017). Cuando la enfermedad lo amerite, previa valoración por parte del asistente técnico, se realizan las labores culturales complementadas con la aplicación, en rotación, de productos fungicidas con ingredientes activos a base de azufre, bupirimato, difenoconazol, hexaconazol, sulfato cuprocálcico, entre otros. Para la estrategia de manejo se debe tener presente, además de la incidencia de la enfermedad, el momento climatológico (temporada seca o húmeda) por el que se atraviesa, las recomendaciones de la ficha técnica de los fungicidas, la calibración de la máquina fumigadora y el desempeño del operario que realiza la aplicación del producto (Arroyave & Salazar, s. f.; Betancourt et al., 2014; Múnera et al., 2012; plm, 2016; Saldarriaga, 2012; Mesa et al., 2014; Tamayo, 2003). Se debe mantener el monitoreo periódico para valorar la eficiencia de las medidas de manejo, en lo referente a la protección sanitaria de los tejidos de las hojas y de las estructuras reproductivas nuevas y en desarrollo. La cuantificación de la enfermedad en los racimos permite estimar pérdidas potenciales.

Moho gris, botrytis, pudrición del fruto

Agente causal

Botryotinia fuckeliana (de Bary) Whetzel Anamorfo *Botrytis cinerea* Pers. ex. Fr. (Betancourt et al., 2014; Buriticá, 1999; Tamayo, 2003)

Importancia y distribución

El moho gris es una enfermedad frecuente en todas las zonas productoras de mora en Colombia (Forero de La Rotta, 1993; Castro et al., 1995; Tamayo, 1995; Montoya et al., 1997), ya que afecta cultivos de esta fruta en los departamentos de Antioquia, Caldas, Risaralda, Boyacá, Cundinamarca, Santander, Nariño, Huila y Cauca (Arias, 1995; Castaño, 1978; Castro et al., 1995; Forero de La Rotta, 1993; Merchán et al., 2000; Pardo-Cardona, 1990; Tamayo, 1994, 2002; Tamayo et al., 2002).

La enfermedad es favorecida por condiciones de humedad relativa alta, lluvias continuas y temperaturas bajas (Molina, Forero de La Rotta, & Torres, 2003a, 2003b; Montoya et al., 1997; Tamayo & Peláez, 2000). La incidencia y severidad del moho gris es variable según la época del año y la zona de producción (Arias, 1995; Castro et al., 1995; Tamayo, 2002). Durante 1996 fue considerada una de las enfermedades más limitantes del cultivo de la mora en el oriente antioqueño, de acuerdo con estudios de incidencia donde se demostró que el hongo *Botrytis cinerea* era responsable de pérdidas que oscilaron entre 52 y 76 % de la fruta cosechada afectada por enfermedades (Tamayo & Peláez, 2000). Sanabria (2015) encontró que las mayores incidencias de la enfermedad ocurrían a temperaturas de 15 °C y humedad relativa superior a 90 %. El hongo *Botrytis cinerea* infecta los botones florales de la mora y permanece quiescente hasta el momento de la fructificación y maduración, cuando la enfermedad se manifiesta y llega a ocasionar pérdidas superiores al 50 % (Forero de la Rotta, 2007; Zapata et al., 2013).

Síntomas

El moho gris causa la pudrición del fruto, afecta flores, pedúnculos y ocasionalmente se presenta en las hojas (Forero de La Rotta, 1993; Franco & Giraldo, 2000; Molina et al., 2003a, 2003b; Montoya et al., 1997; Tamayo, 2003; Tamayo & Peláez, 2000; Zapata et al., 2013). En las flores, el hongo produce manchas de color café oscuro en los pétalos y pedúnculos, las cuales avanzan progresivamente hasta causar la caída de las flores (Betancourt et al., 2014).

Los frutos pueden ser afectados en todos los estados de desarrollo y presentan síntomas correspondientes a decoloración, deshidratación, pudrición, crecimiento de un moho de aspecto aterciopelado, de color gris, verde oliva o café claro que cubre parcial o totalmente la superficie del fruto (figuras 5.4a y 5.4b); algunos frutos se caen, otros se momifican y permanecen adheridos a los racimos (figura 5.4c). El hongo puede avanzar hacia los pedúnculos que sostienen los frutos, donde causa pudrición seca de color café, y si hay humedad relativa alta el hongo esporula sobre la superficie de estos (figura 5.4d) (Betancourt et al., 2014; Forero de La Rotta, 2007; Saldarriaga & Bernal, 2000; Tamayo & Peláez, 2000).

Cuando la enfermedad se presenta en los frutos en proceso de maduración o maduros, se generan pudriciones acuosas con crecimiento abundante del hongo sobre la superficie de los frutos (Betancourt et al., 2014; Saldarriaga & Bernal, 2000; Tamayo, 2009). En condiciones de humedad relativa alta y lluvias frecuentes, el

hongo puede destruir parte o todo el racimo de frutos (Franco & Giraldo, 2000; Montoya et al., 1997; Tamayo & Peláez, 2000).

En las hojas, el hongo produce manchas grandes con apariencia de quemazón, de forma irregular en el borde de las hojas (figura 5.4e) (Betancourt et al., 2014); por el envés de las hojas, las lesiones presentan un crecimiento afelpado de color café oscuro donde se visualizan las esporas y conidióforos (esporulación) del hongo que causa la enfermedad (figura 5.4f) (Franco & Giraldo, 2000; Tamayo, 2003; Tamayo & Peláez, 2000). Según Bentancourt et al. (2014), estas lesiones son poco comunes y de fácil confusión con daños abióticos.



Fotos: Alegria Saldarriaga Cardona y Germán Franco

Figura 5.4. Síntomas de moho gris en diferentes órganos de la planta de mora. a. Síntoma de decoloración, pudrición y crecimiento del hongo sobre el fruto; b. Esporulación del hongo en los frutos; c. Frutos momificados con esporulación del hongo; d. Crecimiento y esporulación del hongo sobre el fruto y el pedúnculo; e. Lesiones foliares en ápice y bordes; f. Crecimiento y esporulación del hongo en el envés de la hoja.

Manejo integrado del moho gris

Los factores que favorecen el desarrollo del moho gris son humedad relativa alta (superior a 90 %), lluvias continuas, temperaturas entre 10 °C y 22 °C, cultivos con podas y control de malezas deficientes, frutos sobremaduros en la planta (Betancourt et al., 2014; Botero, Castellanos, & Zuluaga, 2003; Carisse, 2016); por lo tanto, es necesaria la realización oportuna de la cosecha con retirada y destrucción de frutos enfermos fuera del cultivo, control de malezas, plateo permanente, podas de ramas enfermas y de las que ya dieron frutos, podas de mantenimiento para favorecer circulación de aire dentro del cultivo y disminuir humedad, además de llevar a cabo una fertilización adecuada (Saldarriaga et al., 2017). Se debe revisar periódicamente el cultivo para la detección y cuantificación de la enfermedad, especialmente en temporada lluviosa donde el monitoreo debe hacerse semanal, y quincenal en periodos de tiempo seco. Para estimar la incidencia de la enfermedad, en las plantas seleccionadas para el monitoreo, se realiza conteo de frutos en cuatro racimos por planta, en cada racimo se cuenta el total de frutos y en estos, el número de ellos que presenten síntomas de moho gris. Se estima la incidencia de moho gris en frutos por racimo mediante la aplicación de la ecuación 5.

$$\text{Porcentaje de incidencia de moho gris en frutos} = \frac{\text{Número de frutos afectados en el racimo}}{\text{Número total de frutos en el racimo}} \times 100 \quad \text{Ecuación 5}$$

Luego se promedian los valores de los cuatro racimos para hallar la incidencia por planta y posteriormente, se calcula el valor promedio para el total de las plantas evaluadas y se infiere para el cultivo. Se considera una incidencia alta cuando supera el 29 %, media entre el 25 y 29 %, y baja cuando es inferior al 25 % (Saldarriaga et al., 2017). En temporadas de alta humedad, y si la incidencia en frutos supera el 25 % se deben complementar las labores culturales con aplicación de fungicidas a base de iprodione, fenhexamid, procloraz, fenhexamid + tebuconazole, pyrimethanil, dichlofluanid, y controladores biológicos a base del hongo *Trichoderma*; para esto se debe diseñar un programa de rotación que tenga en cuenta el modo y los mecanismo de acción de los fungicidas, las indicaciones de la ficha técnica del producto, además de la calibración del equipo de fumigación a fin lograr un buen control de la enfermedad, evitar la generación de resistencia en el patógeno y la

presencia de trazas de plaguicidas en la fruta (Arroyave & Salazar, s.f.; Betancourt et al., 2014; Hincapié, 2010; Hincapié & Saldarriaga, 2009; Hincapié, Saldarriaga, & Díaz, 2010, 2017; Múnera et al., 2012; plm, 2016; Saldarriaga, 2012; Saldarriaga et al., 2017; Tamayo, 2003; Zapata et al., 2013).

Roya, roya amarilla

Agente causal

Gerwasia lagerheimii (Magnus) Buriticá

Importancia y distribución

La roya amarilla de la mora de Castilla es causada por el hongo *Gerwasia lagerheimii* (Magnus) Buriticá (Buriticá, 1995).

Los hongos *Gerwasia columbiensis* (Kern. & Whetzel) Buriticá, *Gerwasia cundinamarcensis* (Mayor) Buriticá, *Gerwasia mayorii* (Jacks.) Buriticá, *Gerwasia variabilis* (Mayor) Buriticá y *Kuehneola loeseneriana* Jacks. & Holw., afectan otras especies de *Rubus* spp. en diferentes zonas de Colombia (Buriticá, 1995, 1999; Buriticá & Pardo-Cardona, 1996; Salazar, Pardo-Cardona, & Buriticá, 1999).

La roya de la mora es una enfermedad de importancia en los departamentos de Caldas y Risaralda (Montoya et al., 1997; Tamayo, 1994), mientras que es ocasional en el departamento de Antioquia (Tamayo, 2001; Tamayo et al., 2002).

Síntomas

El patógeno produce pústulas o manchas de color anaranjado que sobresalen de la superficie del tejido afectado, y se observan en tallos (figura 5.5a), peciolo (figura 5.5b), hojas, flores y frutos (Franco & Giraldo, 2000; Mesa et al., 2014; Montoya et al., 1997; Tamayo et al., 2002). En la superficie de la hoja se observan lesiones hundidas rodeadas de una coloración violácea (figura 5.5c), que se corresponden por el envés con pústulas anaranjadas (figura 5.5d) (Franco & Giraldo, 2000; Montoya et al., 1997; Tamayo et al., 2002).



Fotos: Alegría Saldarriaga Cardona

Figura 5.5. Síntomas y signos de roya en diferentes órganos de la planta de mora. a. Pústulas de roya en el tallo; b. Pústulas de roya en el peciolo y la lámina foliar; c. Manchas deprimidas de color violeta en el haz de la hoja; d. Pústulas de roya en el envés de la hoja.

Manejo integrado de la roya

La humedad alta, así como la presencia de malezas en el cultivo, favorecen el desarrollo de la enfermedad, por lo cual se recomienda mantener plateo permanente, buen control de malezas, fertilización adecuada, realizar podas sanitarias con remoción y destrucción del material enfermo y podas de aireación. Cuando la enfermedad lo amerite, previa valoración del asistente técnico, se recomienda aplicar fungicidas a base de cobre, sulfato cuprocálcico, hexaconazol (Franco & Giraldo, 2000; Mesa et al., 2014; Montoya et al., 1997). La importancia económica de esta enfermedad no ha sido valorada y tampoco se han adelantado trabajos de investigación para su cuantificación y manejo integrado.

Otras enfermedades causadas por hongos

En la literatura nacional se ha informado sobre la presencia de afecciones foliares por *Apendiculella calostroma* (Desmaz.) Hohn. (Dennis, 1970), *Septoria* Sacc. (Forero de La Rotta, 1993; Buriticá, 1999), *Phyllosticta* Pers. y *Alternaria* Nees. (Buriticá, 1999), pero la importancia actual de estas enfermedades es secundaria.

Debido a la incidencia baja de las enfermedades foliares causadas por los patógenos antes mencionados, no se justifica la realización de medidas de control.

También existen informaciones sobre enfermedades del tallo y la raíz causadas por los hongos *Coniothyrium fuckelii* Sacc. (Castaño, 1978; Pardo-Cardona, 1990), *Verticillium albo-atrum* Reinke & Berth. (Buriticá, 1999; Forero de La Rotta, 1993), *Rosellinia* De Not. (Castaño, 1978), *Fusarium roseum* Link: Fr. y *Fusarium oxysporum* Schlechtend.: Fr. (Buriticá, 1999), sin embargo, la importancia económica de estas enfermedades no ha sido establecida. Estos hongos viven en el suelo y pueden causar daños a las raíces, lo cual se manifiesta en la planta por amarillamiento foliar y marchitez. Las plantas enfermas deben ser erradicadas y el sitio sometido a tratamiento (Franco & Giraldo, 2000; Montoya et al., 1997). Betancourt et al. (2014) mencionan afecciones con síntomas de marchitamiento progresivo de plantas, con necrosis, ahuecamiento y pudrición de raíces, asociadas a *Fusarium* sp., *Verticillium* sp., y *Phytophthora* sp. Estudios realizados por Buitrago y Gallo (2016) registran en una finca ubicada en Guática (Risaralda), una incidencia promedio del 48 % de marchitamiento (*Fusarium* sp., *Verticillium* sp., y *Phytophthora* sp.) en el cultivar “mora sin espinas”, lo cual genera alerta sobre el potencial destructivo que puede llegar a tener esta enfermedad.

Enfermedades causadas por bacterias

El cultivo de la mora, en la actualidad, solo es afectado por dos bacterias causantes de las enfermedades llamadas agalla de corona y, mancha necrótica de las hojas de la mora. Estas se describen a continuación.

Agalla de la corona y del tallo, *Agrobacterium*

Agente causal

Agrobacterium tumefaciens (Smith & Townsend) Conn.

Importancia y distribución

La agalla de la corona es una enfermedad de incidencia moderada en los cultivos de mora de los departamentos de Antioquia, Caldas, Risaralda y Cundinamarca (Buriticá, 1999; Castaño, 1978; Franco & Giraldo, 2000; Merchán et al., 2000;

Montoya et al., 1997; Tamayo, 2001; Tamayo et al., 2002). Se desconoce su importancia económica (Tamayo, 2001). *Agrobacterium tumefaciens* se encuentra en el suelo e ingresa a la planta a través de heridas que se ocasionan en las labores del cultivo; se transmite principalmente por las herramientas, aunque el agua también ayuda a la dispersión del patógeno (Franco & Giraldo, 2000; Mesa et al., 2014; Montoya et al., 1997).

Síntomas

La enfermedad se manifiesta mediante tumores o agallas de diferentes formas y tamaños, que suelen presentarse en el tallo, cerca al cuello de la raíz o un poco más alto (figura 5.6a) (Franco & Giraldo, 2000; Montoya et al., 1997; Tamayo, 2001; Tamayo et al., 2002). Cuando la enfermedad es transmitida mecánicamente (por tijeras podadoras contaminadas) los tumores pueden desarrollarse en órganos aéreos (figura 5.6b) (Instituto Colombiano Agropecuario [ICA], 2011). Con el tiempo, estos tumores aumentan de tamaño e invaden casi todo el tallo, y producen debilitamiento y posterior muerte de la planta (Tamayo et al., 2002).



Fotos: Alegría Saldarriaga Cardona

Figura 5.6. Síntomas de agalla de la corona en plantas de mora. a. Tumores en el tercio bajo del tallo principal de la planta; b. Tumores en las ramas.

Manejo integrado de la agalla de corona

El manejo de las enfermedades ocasionadas por bacterias se hace mediante prácticas de carácter preventivo, entre estas el uso de material de propagación sano, no movilizar suelo de cultivos o zonas donde se encuentra la enfermedad, desinfectar permanentemente las herramientas (especialmente las tijeras podadoras) usadas en las labores de campo (puede ser con hipoclorito de sodio, yodo agrícola o productos a base de amonio cuaternario), realizar monitoreo frecuente para detectar la enfermedad y proceder a erradicar la planta afectada y así evitar la diseminación del patógeno, así como aplicar desinfectante al sitio donde se presentó la planta enferma (Instituto Colombiano Agropecuario [ICA], 2011). También se recomienda cortar, sacar y destruir las ramas con agallas, y aplicar en las lesiones de la planta una pasta de un fungicida a base de cobre (Franco & Giraldo, 2000; Montoya et al., 1997). Para el control químico de esta enfermedad se ha reportado el uso de productos a base de sulfato cuprocálcico y oxiclورو de cobre, los cuales han demostrado contribuir con el manejo de la patología (Mesa et al., 2014). En Guatemala se han utilizado cepas suaves de *Agrobacterium radiobacter* cepa 84, la cual ha ayudado en el control mediante producción de bacteriocina denominada Agrocina 84 (Mesa et al., 2014).

Mancha necrótica de las hojas de la mora, mancha foliar bacterial

Agente causal

Pseudomonas Migula

Importancia y distribución

La mancha necrótica de las hojas de la mora es una enfermedad de incidencia moderada en los cultivos de este frutal en el departamento del Valle del Cauca, principalmente en Trujillo, en donde se observó en los años 2003 y 2004 con una incidencia del 30 %; posteriormente, en el año 2005 se detectó en el municipio de Palmira (Botero & Franco, 2007). Se desconoce la magnitud de las pérdidas y su importancia económica.

Síntomas

La enfermedad se manifiesta en las hojas del tercio inferior de la planta, mediante pequeñas manchas necróticas de color café oscuro y aspecto aceitoso (figura 5.7a).

Las lesiones progresan en tamaño hasta unirse y comprometer gran parte de la hoja (figura 5.7b), la cual se necrosa totalmente. En condiciones de humedad alta los tejidos afectados se desintegran (Botero & Franco, 2007).



Fotos: Alegría Saldarriaga Cardona
y Germán Franco

Figura 5.7. Síntomas de mancha necrótica de las hojas. a. Lesiones necróticas en la lámina foliar; b. Progreso de la enfermedad con compromiso de gran parte del tejido de la hoja.

Manejo integrado de la mancha necrótica de las hojas de la mora

Se recomiendan medidas de carácter preventivo, entre ellas el uso de material sano de propagación. No se dispone de investigación para la cuantificación, determinación de pérdidas y estrategias de manejo integrado de la enfermedad.

Enfermedades causadas por nematodos

En los trabajos de reconocimiento de nematodos en cultivos de mora se han detectado gran cantidad de géneros asociados al cultivo, sin embargo, solo los nematodos de los géneros *Hemicycliophora* spp., *Trichodorus* spp. y *Pratylenchus* spp. se reproducen en este cultivo (Múnera & Navarro, 2001; Navarro & Múnera, 2000). En Colombia no se han evaluado los daños ocasionados por nematodos fitoparásitos en mora (Múnera, 2010). Tampoco se han realizado investigaciones sobre métodos de control de los nematodos mencionados.

Daños y enfermedades de etiología desconocida

Corresponde a enfermedades cuyo agente causal no ha sido establecido. Estos disturbios han sido observados ocasionalmente en visitas de investigadores a cultivos establecidos en diferentes zonas del país. En algunos casos, los agricultores los han relacionado con factores ambientales, pero no se han adelantado los estudios biológicos para comprobar la etiología. Los disturbios más frecuentes son:

Apiñamientos de los frutos

Esta enfermedad se manifiesta por la deformación de los racimos (figura 5.8a) con acortamiento del raquis y los pedúnculos, lo que conlleva al crecimiento apiñado de los frutos (figura 5.8b). Se ha observado en Antioquia y Eje Cafetero, en donde las plantas exhiben diferentes niveles de apiñamiento. Se presenta en algunas plantas dentro del cultivo, sin patrón definido de distribución.

Golpe de sol

Se manifiesta en los frutos, los cuales presentan áreas con drupas decoloradas (figura 5.8c) que se tornan de color amarillo claro, y con el transcurso del tiempo se deshidratan (figura 5.8d). El disturbio se observó en el año 2013, en el municipio de Granada (Antioquia), en un cultivo que fue sometido a una poda de hojas fuerte en temporada seca, y los frutos quedaron expuestos directamente al sol. El síntoma se manifestó de manera generalizada en la plantación y el productor atribuye el daño a la quemadura del sol.

Daños por granizo

Se manifiesta mediante heridas de color castaño claro, forma y tamaño irregular que aparecen en los tallos y frutos después de la caída de granizo (figuras 5.8e y 5.8f). Este daño es común en las plantaciones del oriente antioqueño.

Machorreo, escoba de bruja

Este disturbio se da en algunas plantas distribuidas aleatoriamente dentro del cultivo. Las plantas afectadas presentan, en la misma cepa, ramas de apariencia normal, ramas con acortamiento de entrenudos y emisión de brotes laterales deformes (figura 5.8g) que no se expanden normalmente y adoptan un aspecto de “escoba de bruja”,

los folíolos de las hojas se tornan angostos y se enroscan hacia el haz (figura 5.8h), las hojas se vuelven coriáceas y quebradizas. Las estructuras reproductivas se atrofian y la rama no da producción. Este disturbio se observó en el municipio de Santa Rosa de Cabal (Risaralda) en el año 2011.

Toxicidad por herbicidas

Es de común ocurrencia cuando los productores no realizan correctamente el control de malezas, cuando usan bombas fumigadoras contaminadas, o cuando por deriva del viento las plantas de mora son receptoras de herbicidas. Los síntomas de las plantas afectadas son deformación de los brotes jóvenes (figura 5.8i), alteración del color de las hojas (figura 5.8j), clorosis y enroscamiento de hojas.

Alteraciones del color de las hojas

Las alteraciones del color son frecuentes en la mayoría de los cultivos. Algunas ramas de la planta producen hojas de tamaño y forma normal que presenta áreas claramente definidas de color amarillo pálido (figura 5.8k). Las plantas que presentan los síntomas no tienen un patrón definido en la distribución en el lote.

Quemazón de hojas

Este disturbio se presenta esporádicamente y se manifiesta por una quemazón repentina que se evidencia en los bordes de los folíolos de la hoja y hacia el centro de estos (figura 5.8l), el área quemada es de color negro y contrasta fuertemente con el verde normal de la hoja. No se han observado hongos o bacterias asociadas a la lesión. El disturbio solo se observa en algunas hojas, principalmente las bajas, no progresa y la planta se recupera. Algunos productores lo relacionan con bajas temperaturas nocturnas.

Tizón de inflorescencias

Esta enfermedad se manifiesta mediante necrosis de los tejidos internos en los botones florales y se evidencia a medida que estos abren (figura 5.8m); la enfermedad progresa y afecta los pétalos de las flores, los cuales se deshidratan, se tornan de color café claro (figura 5.8n) y se secan, posteriormente los sépalos se tornan cloróticos y la estructura muere. El disturbio se ha observado en el departamento de Caldas.



Fotos: Alegria Saldarriaga Cardona

Figura 5.8. Síntomas de daños y enfermedades de etiología desconocida. a. Deformación de los racimos y apiñamiento de frutos; b. Frutos apiñados con diferente nivel de desarrollo; c. Frutos afectados por posible golpe de sol, drupas decoloradas; d. Frutos con drupas decoloradas en proceso de deshidratación; e. Daños por granizo en tallos; f. Daños por granizo en frutos; g. Brotes laterales con deformación por el disturbio llamado machorreo, escoba de bruja; h. Rama afectada por machorreo, escoba de bruja; i. Fitotoxicidad por herbicida, clorosis y malformación de brotes jóvenes; j. Daño por herbicida, alteración del color y deformación de los folíolos en los puntos de crecimiento; k. Alteración del color de las hojas; l. Quemazón de hojas; m. Botón floral con necrosis interna de los tejidos; n. Flores afectadas por la enfermedad tizón de inflorescencias.

Estos disturbios deben ser observados y estudiados para la determinación del agente causal, con el propósito de prevenir posibles daños en los cultivos que puedan llegar a acarrear pérdidas en la producción. El conocimiento del agente causal y las formas de transmisión permiten plantear estrategias de manejo de las enfermedades.

Referencias

- Afanador, L., Álvarez, E., González, A., & Mejía, J. (2009). Especies de *Colletotrichum* causantes de la antracnosis de mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth.) en Colombia. En *Memorias del XXIX Congreso Internacional de Fitopatología y Ciencias Afines: Patología Vegetal, Pasado, Presente y Futuro*. Medellín, Colombia: Asociación colombiana de fitopatología y ciencias afines (Ascolfi).
- Arenas, A., Álvarez, E., González, A., & Mejía, J. (2007). Caracterización molecular y patogénica de aislamientos de *Colletotrichum* spp. asociados a la antracnosis de cultivos de mora en el Valle del Cauca. En *Memorias del XXVIII Congreso Internacional de Fitopatología y Ciencias Afines* Palmira, Valle del Cauca, Colombia: Asociación colombiana de fitopatología y ciencias afines (Ascolfi).
- Arias, J. (1995). *Producción y manejo de la mora de Castilla (Rubus glaucus Benth.) en el Oriente Antioqueño* (Boletín de Actualidades). Antioquia, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Arroyave, G., & Salazar, M. (s. f.). *Guía técnica del cultivo de mora*. Manizales: Litomaster.
- Ávila, W., González, R., Forero de la Rotta, M. C., & Vargas, A. (2003). Penetración, infección y sitios de ataque del hongo *Colletotrichum gloeosporioides* en plantas de mora de Castilla. En *Memorias del XXIV Congreso Nacional de Fitopatología y Ciencias Afines*. Armenia, Colombia: Asociación colombiana de fitopatología y ciencias afines (Ascolfi).
- Betancourt, M., Palacios, S., & Patiño, A. (2014). *Fichas técnicas para la identificación y manejo de enfermedades y plagas en mora*. Santa Rosa de Cabal, Colombia: Corporación Universitaria Santa Rosa de Cabal (Unisarc).
- Betancourt, M., Zuleta, J., & Castellanos, P. (2003). Manejo ecológico de plagas y enfermedades en el cultivo de la mora. En P. Castellanos, & R. Botero (Eds.). *Producción de mora (Rubus glaucus Benth.) con tutores vivos* (pp. 19-21). Manizales, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).

- Botero, M., Castellanos, P., & Zuluaga, L. (2003). Identificación de enfermedades asociadas al cultivo de mora (*Rubus glaucus* Benth.), en un sistema agroforestal en el municipio de Santa Rosa de Cabal (Risaralda). En P. Castellanos, & R. Botero (Eds.). *Evaluación de especies forestales con potencial de tutores vivos en la producción de mora (Rubus glaucus Benth.)* (Boletín de Investigación). Manizales, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), Programa de Transferencia de Tecnología Agropecuaria (Pronatta).
- Botero, M., & Franco, G. (2007). Identificación y caracterización preliminar del agente causal de la mancha necrótica de las hojas de la mora (*Rubus glaucus*) en el municipio de Trujillo (Valle del Cauca, Colombia). *Revista Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 8(2), 22-25.
- Botero, M., Franco, G., Castaño, J., & Ramírez, M. (1999). *Principales enfermedades en poscosecha asociadas a cultivos de lulo, manzano, mora y tomate de árbol*. Manizales, Colombia: Universidad de Caldas, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA).
- Botero, M., Ríos, G., Franco, G., Romero, M., Pérez, J., Morales, J., ... Echeverri, D. (2002). Identificación y espacialización de enfermedades asociadas a los cultivos de mora (*Rubus glaucus* Benth.) en el Eje Cafetero. En *Memorias del IV Seminario Frutales de Clima Frío Moderado*. Medellín, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), Universidad Pontificia Bolivariana, Centro de Desarrollo Tecnológico de Frutales.
- Buitrago, L., & Gallo, F. (2016). *Caracterización epidemiológica de insectos y enfermedades asociados al cultivo de mora sin tuna (Rubus glaucus Benth.) en el municipio de Guática, Risaralda* (Tesis de pregrado). Corporación Universitaria Santa Rosa de Cabal, Santa Rosa de Cabal, Colombia.
- Buriticá, P. (1995). Las royas de la mora (*Rubus* spp.) en Colombia. *Ascolfi Informa*, 21(5) 64-66.
- Buriticá, P. (1999). *Directorio: patógenos y enfermedades de las plantas de importancia económica en Colombia*. Bogotá, Colombia: Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), Universidad Nacional de Colombia.
- Buriticá, P., & Pardo-Cardona, V. (1996). Flora uredineana colombiana. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 20(77), 183-236.

- Carisse, O. (2016). Epidemiology and Aerobiology of *Botrytis* spp. En S. Fillinger, & E. Yigal (Eds.). *Botrytis – the Fungus, the Pathogen and its Management in Agricultural Systems* (pp. 127-148). Estados Unidos: Springer International Publishing.
- Castaño, J. (1978). *Trayectoria de la fitopatología en Colombia (1571-1974)*. Medellín, Colombia: Editorial Letras.
- Castaño, J. (1994). *Principios básicos de fitopatología* (2.^a ed.). Zamorano, Honduras: Zamorano Academic Press.
- Castaño, J. (2002). *Principios básicos de fitoepidemiología*. Manizales, Colombia: Universidad de Caldas.
- Castaño, J. (2015). *Principios básicos de hongos fitopatógenos*. Manizales, Colombia: Universidad de Caldas.
- Castaño, J., & Del Río, L. (1997). *Manual para el diagnóstico de hongos, bacterias, virus y nematodos fitopatógenos*. Manizales, Colombia: Universidad de Caldas, Zamorano Academic Press.
- Castro, D., & Díaz, J. (2001). *Alternativas para el manejo integrado del cultivo de la mora (Rubus glaucus Benth.)*. Rionegro, Antioquia, Colombia: Universidad Católica de Oriente, Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria (Pronatta).
- Castro, D., Márquez, C., Restrepo, V., & Vélez, G. (1995). *Evaluación del estado fitosanitario del cultivo de la mora de Castilla (Rubus glaucus Benth.) en el oriente antioqueño. Serie Investigaciones - 7*. Rionegro, Antioquia, Colombia: Universidad Católica de Oriente, Fundación de Fomento Agropecuario Buen Pastor.
- Dennis, R. W. G. (1970). *Fungus flora of Venezuela and adjacent countries. (Kew bulletin. additional Series / Royal Botanic Gardens. Kew)*. Londres, Reino Unido: London hmso.
- Díaz, C., Medina, C., Saldarriaga, A., Tamayo, P., Franco, G., Passaro, C., ... Escobar, C. (2013). *Diez genotipos de mora identificados por calidad (grados brix, acidez, tamaño de fruto y rendimiento)*. Bogotá, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Centro de Investigación La Selva (Corpoica), Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.
- Díaz, C., Saldarriaga, A., Navas, G., Tamayo, A., & Zapata, J. L. (2009). *Tecnologías que contribuyen a la implementación de las BPA en el cultivo de la mora (Rubus glaucus Benth.) en Antioquia y Caldas* (Informe final de proyecto). Rionegro, Colombia: [Corpoica] Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria.

- Forero de La Rotta, M. C. (1993). Enfermedades de importancia económica en mora de Castilla (*Rubus glaucus* L.). En *Memorias del XIV Congreso Nacional de Fitopatología*. Santa Marta, Colombia: Asociación colombiana de fitopatología y ciencias afines (Ascolfi).
- Forero de La Rotta, M. C. (2007). Uchuva (*Physalis peruviana* L.) y mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth.): enfermedades y manejo. En *Memorias del XXVIII Congreso de la Asociación Colombiana de Fitopatología y Ciencias Afines*. Palmira, Valle del Cauca, Colombia: Asociación colombiana de fitopatología y ciencias afines (Ascolfi).
- Forero de La Rotta, M. C., Ávila, W., & González, R. (2002). Estudio sobre antracnosis en mora de Castilla. En *Memorias del IV Seminario Nacional de Frutales de Clima Frío Moderado*. Medellín, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), Universidad Pontificia Bolivariana.
- Franco, G., & Giraldo, M. (2000). *El cultivo de la mora*. Manizales, Colombia: Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.
- Gaviria, V. (2011). *Evaluación in vitro de diferentes fungicidas comerciales de origen vegetal, origen biológico y de síntesis química para el control de Colletotrichum gloeosporioides y Colletotrichum acutatum en la mora de Castilla Rubus glaucus Benth* (Tesis de pregrado). Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Medellín, Colombia.
- Gaviria, V., Patiño, L., & Saldarriaga, A. (2013). Evaluación *in vitro* de fungicidas comerciales para el control de *Colletotrichum* spp. en mora de Castilla. *Revista Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 14(1), 67-75.
- Gómez, J. (1992). Secamiento de ramas de mora de Castilla (*Rubus* sp.) causada por *Gloeosporium* sp. *Ascolfi Informa*, 18(2), 17.
- González, L. (1985). *Introducción a la fitopatología*. San José, Costa Rica: Varitec S. A.
- González, R., Ávila, W., Forero de la Rotta, M. C., & Vargas, A. (2003). Estudios sobre la severidad y avance del hongo *Colletotrichum gloeosporioides* agente causante de la antracnosis en mora de Castilla. En *XXIV Congreso nacional de fitopatología*. Armenia, Colombia: Asociación colombiana de fitopatología y ciencias afines (Ascolfi).
- Hincapié, O. (2010). *Evaluación de alternativas para el manejo integrado de enfermedades en el cultivo de mora (Rubus glaucus Benth.) en Rionegro, Antioquia* (Tesis de pregrado). Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Medellín, Colombia.

- Hincapié, O., & Saldarriaga, A. (2009). Avances de investigación en la exploración de alternativas para el manejo integrado de las principales enfermedades de la mora. En *Memorias del Seminario de Actualización Tecnológica: Cultivo, Agroindustria y Comercialización de la Mora de Castilla*. Rionegro, Antioquia, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Hincapié, O., Saldarriaga A., & Díaz, C. (2010). Avances sobre alternativas para el manejo integrado del moho gris (*Botrytis cinerea* Pers. ex Fr.) en el cultivo de la mora (*Rubus glaucus* Benth.). En *Memorias del VII Seminario Internacional de Frutas Tropicales: Agroindustria e Innovación*. Medellín, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Hincapié, O., Saldarriaga, A., & Díaz, C. (2017). Biological, botanical and chemical alternatives for the control of blackberry (*Rubus glaucus* Benth.) diseases. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 70(2), 8169-8176.
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2011). *Manejo fitosanitario del cultivo de la mora (Rubus glaucus Benth.)*. Medidas para la temporada invernal. Bogotá, Colombia: ICA.
- Marulanda, M., López, A., López, J., Isaza, L., Gómez, L., & Arias, J. (2011). *Resultados de investigaciones en mora de Castilla: una aplicación para el agricultor (2008-2011)*. Pereira, Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira (UTP).
- Merchán, V., Roldán, A., & Pérez, B. (2000). Vigilancia fitosanitaria en frutales de clima frío moderado en el departamento de Caldas. En *III Seminario de Frutales de Clima Frío Moderado*. Manizales, Colombia: Centro de Desarrollo Tecnológico de Frutales.
- Mesa, N., Gómez, E., Hernández, C., Huertas, C., Vásquez, H., Rodríguez, I., ... Velasco, M. (Eds.). (2014). *Programa de manejo fitosanitario en mora en el departamento del Valle del Cauca*. Palmira, Valle del Cauca, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Molina, S., Forero de La Rotta, M. C., & Torres, E. (2003a). Incidencia de infecciones quiescentes del moho gris, causado por *Botrytis cinerea*, en flores y frutos de mora de Castilla. En *Memorias del XXIV Congreso Nacional de Fitopatología*. Armenia, Colombia: Asociación colombiana de fitopatología y ciencias afines (Ascolfi).
- Molina, S., Forero de La Rotta, M. C., & Torres, E. (2003b). Infección en flores y frutos de mora de Castilla *Rubus glaucus* por *Botrytis cinerea*. En *Memorias del XXIV Congreso Nacional de Fitopatología*. Armenia, Colombia: Asociación colombiana de fitopatología y ciencias afines (Ascolfi).

- Mont, R. (1993). *Principios del control de enfermedades de las plantas*. Lima, Perú: Talleres del Centro Preuniversitario Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Montoya, C., Hincapié, L., & Uribe, V. (1997). *Principales enfermedades y plagas de la mora* (Boletín técnico). Manizales, Colombia: Instituto Colombiano Agropecuario (ica).
- Múnera, G. (2010). Nematodos fitoparásitos asociados con mora (*Rubus glaucus* Benth.) en cinco departamentos de Colombia. En *Memorias del VII Seminario Internacional de Frutas Tropicales: Agroindustria e Innovación*. Medellín, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Múnera, G. & Navarro, R. (2001). Nematodos asociados con la mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth.) y pruebas de parasitismo. En D. Castro, & J. Díaz (2001), *Alternativas para el manejo integrado del cultivo de la mora* (*Rubus glaucus* Benth.). Rionegro, Antioquia, Colombia: Universidad Católica de Oriente, Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria (Pronatta).
- Múnera, G., Navas, G., Díaz, C., Saldarriaga, A., Zapata, J., Tamayo, P., ... Londoño, M. (2012). *Actualización y transferencia sobre el manejo integrado de los cultivos de lulo, uchuva y mora con énfasis en el componente fitosanitario, para los productores y asistentes técnicos de Antioquia y Eje Cafetero* (Informe final de proyecto). Rionegro, Antioquia, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Navarro, R., & Múnera, G. (2000). Parasitismo de nematodos asociados a la rizosfera de mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth.). En *Memorias del XXI Congreso Nacional de Fitopatología*. Palmira, Valle del Cauca, Colombia: Asociación colombiana de fitopatología y ciencias afines (Ascolfi).
- Pardo-Cardona, V. (1990). *Índice de hongos fitopatógenos de las plantas cultivadas en Colombia*. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Peláez, A., Castro, D., & Tamayo, P. (2000). Control integrado de *Peronospora* y *Botrytis cinerea* en frutos de mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth.). En *Memorias del III Seminario de Frutales de Clima Frío Moderado*. Manizales, Colombia: Centro de Desarrollo Tecnológico de Frutales.
- Pérez, L. (1994). *Patología vegetal*. Bogotá, Colombia: Lealon.
- PLM. (2016). *Diccionario de especialidades agroquímicas*. Bogotá, Colombia: PLM.
- Rueda, K. (2010). *Caracterización molecular de especies de Colletotrichum prevalentes en las zonas productoras de mora de Castilla* (*Rubus glaucus* Benth.) en Antioquia (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.

- Rueda, K., Saldarriaga, A., Cadavid, G., Saldamando, C., Cañas, G., & Arango, R. (2012). Differential organ distribution, pathogenicity and benomyl sensitivity of *Colletotrichum* spp. from blackberry plants in northern Colombia. *Journal of Phytopathology*, 161(4), 246-253. Recuperado de <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jph.12040/full>.
- Salazar, M., Pardo-Cardona, V., & Buriticá, P. (1999). Estudios sobre uredinales (royas) que parasitan las especies de la familia rosácea en Colombia. En *Memorias del XX Congreso Nacional de Fitopatología*. Manizales, Colombia: Asociación colombiana de fitopatología y ciencias afines (Ascolfi).
- Saldarriaga, A. (2006). *Caracterización del agente causante de la antracnosis en tomate de árbol, manzana y mora* (Tesis de maestría). Universidad de Caldas, Manizales, Colombia.
- Saldarriaga, A. (2012). Informe enfermedades (Anexo 14.). En G. Múnera, G. Navas, C. Díaz, A. Saldarriaga, J. Zapata, P. Tamayo, J. Guarín, A. Macías, M. Hincapié, A. González, & M. Londoño (Eds.), *Actualización y transferencia sobre el manejo integrado de los cultivos de lulo, uchuva y mora con énfasis en el componente fitosanitario, para los productores y asistentes técnicos de Antioquia y Eje Cafetero. Informe final de proyecto*. Rionegro, Antioquia, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), Centro de Investigación La Selva.
- Saldarriaga, A., & Bernal, J. (2000). Enfermedades asociadas a los cultivos de mora (*Rubus glaucus* Benth.) en el departamento de Antioquia. En *Memorias del III Seminario de Frutales de Clima Frío Moderado*. Manizales, Colombia: Centro de Desarrollo Tecnológico de Frutales.
- Saldarriaga, A., Bernal, J., & Tamayo, P. (2000). *Reconocimiento y manejo de las enfermedades del cultivo del tomate de árbol en Antioquia*. Medellín, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Saldarriaga, A., Castaño, J., & Arango, R. (2008). Caracterización del agente causal de la antracnosis en tomate de árbol, manzano y mora. *Revista de la academia colombiana de ciencias exactas, físicas y naturales*, 32(123), 145-156.
- Saldarriaga, A., Franco, G., Díaz, C., & Múnera, G. (2017). *Manual de campo para reconocimiento, monitoreo y manejo de las enfermedades de la mora (Rubus glaucus Benth.)*. Mosquera, Cundinamarca, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).

- Saldarriaga, A., Navas, G., Franco, G., Ríos, G., Vásquez, L., Navas, A., ... Martínez, E. (2012). *Biología, caracterización y comportamiento del patógeno de la antracnosis de la mora como base para establecer estrategias de manejo* (Informe final de proyecto). Rionegro, Antioquia, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), Centro de Investigación La Selva.
- Saldarriaga, A., Rodríguez, E., & Arango, R. (2002). Estudios biológicos de aislamientos de *Colletotrichum* sp., a partir de frutos de tomate de árbol, manzano y tallos de mora. En *Memorias del VIII Congreso de la Corporación para Investigaciones Biológicas (CIB)*. Medellín, Colombia: CIB.
- Sanabria, D. (2015). *Reconocimiento de insectos plaga y enfermedades en el cultivo de mora sin tuna y su relación con el clima en la finca Canoas, en el municipio de Santa Rosa de Cabal, Risaralda* (Tesis de pregrado). Corporación Universitaria Santa Rosa de Cabal, Santa Rosa de Cabal, Colombia.
- Tamayo, P. (1994). Aspectos patológicos de algunos frutales andinos en Colombia. En L. H. M. Broers (Ed.), *Resistencia duradera en cultivos Alto Andinos. Memorias del I Taller sobre Resistencia Duradera en Cultivos Alto-Andinos de Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú*. Quito, Ecuador: Instituto nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT).
- Tamayo, P. (1995). Muerte descendente de ramas y mildeo veloso de la mora en Antioquia. *Ascolfi Informa*, 21(6), 72-73.
- Tamayo, P. (2001). Estado del arte de las enfermedades en frutales de clima frío moderado y su control. En *Memorias del XXII Congreso Nacional de Fitopatología y Ciencias Afines*. Medellín, Colombia: Asociación colombiana de fitopatología y ciencias afines (Ascolfi).
- Tamayo, P. (2002). *Principales enfermedades del tomate de árbol, la mora y el lulo en Colombia* (Boletín técnico N.º 12). Rionegro, Antioquia, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Tamayo, P. (2003). *Principales enfermedades del tomate de árbol, la mora y el lulo en Colombia* (Boletín técnico N.º 20). Rionegro, Antioquia, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), Alcaldía de Medellín.
- Tamayo, P. (2009). Enfermedades. En *Memorias del Seminario de Actualización Tecnológica: Cultivo, Agroindustria y Comercialización de la Mora de Castilla*. Rionegro, Antioquia, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).

- Tamayo, P., Giraldo, J., & Becerra, D. (2002). Enfermedades de la mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth.) en Antioquia. *Ascolfi Informa*, 28(2), 16-19.
- Tamayo, P., & Peláez, A. (2000). Caracterización de daños y pérdidas causadas por enfermedades del fruto de la mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth.) en Antioquia. En *Memorias del III Seminario de Frutales de Clima Frío Moderado*. Manizales, Colombia: Centro de Desarrollo Tecnológico de Frutales.
- Zapata, J., Cotes, A., Uribe, L., Díaz, A., Villamizar, L., Gómez, M., ... Gómez, E. (2013). *Desarrollo de prototipos de bioplaguicidas a base de Rhodotorula glutinis LvCo7 para el control de Botrytis cinerea en cultivos de mora*. Bogotá, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).





A vertical photograph on the left side of the page shows raspberry plants with green leaves and clusters of ripe, dark red raspberries. The ground is covered with dry, light-colored straw or mulch.

Capítulo VI

Buenas prácticas agrícolas (bpa)

Luz Adriana Vásquez Gallo

Las buenas prácticas agrícolas (BPA) se definen como un conjunto de acciones o prácticas que se realizan en una explotación agrícola, tendientes a reducir los peligros químicos, físicos y microbiológicos. Están orientadas a obtener productos inocuos (sanos-limpios), mejorar las condiciones de los trabajadores (salud y bienestar) y proteger el medio ambiente, con métodos ecológicamente seguros, higiénicamente aceptables y económicamente factibles (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2012; Secilio, 2005) (figura 6.1).

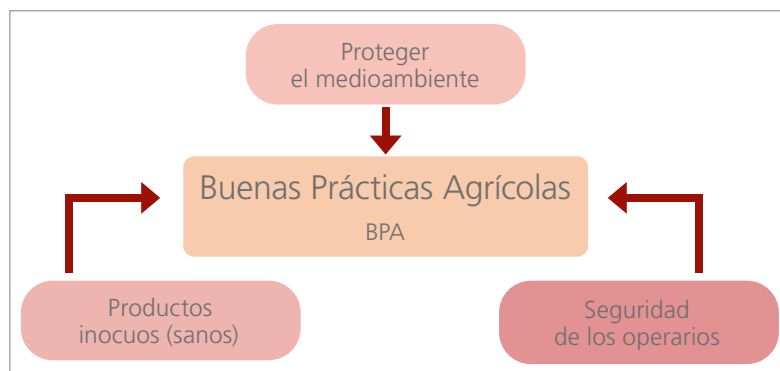


Figura 6.1. Esquema de los pilares centrales de las buenas prácticas agrícolas (BPA).
Fuente: Elaboración propia con base en la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2012)

Dentro de los prerrequisitos en los sistemas de aseguramiento de la calidad (SAC) se encuentran las BPA, las cuales son fundamentales e indispensables en la producción primaria, como una base sólida que asegure la inocuidad de los alimentos (Torrado, 2005).

En Colombia, según las instituciones encargadas para el control y cumplimiento, las BPA no son de carácter obligatorio sino una actividad voluntaria. Sin embargo, los productores que pretendan realizar algún tipo de exportación a la Unión Europea, Canadá o Estados Unidos (entre otros), según requerimiento de los compradores, deben certificar los predios, a través de la aplicación, demostración y funcionabilidad de las BPA (Ghémar, 2013; FAO, 2005).

Por lo anterior, para la implementación de las BPA se deben tener en cuenta diferentes factores que están directamente relacionados con el manejo del cultivo en la producción primaria, a saber:

1. Área e instalaciones
2. Protección de los operarios
3. Componente ambiental
4. Material de propagación
5. Nutrición de las plantas
6. Protección del cultivo
7. Cosecha y poscosecha
8. Soporte documental
9. Trazabilidad

La implementación de las BPA en el cultivo de la mora es beneficiosa para todos los actores involucrados en la cadena de producción, desde los productores con sus familias hasta el consumidor final. Por ello, las acciones relacionadas con las BPA deben ser vistas como actividades rutinarias propias del manejo del cultivo, las cuales involucran en todo el sistema de producción la organización, la higiene y el aseo, tanto en las instalaciones como en los elementos de trabajo y por supuesto, en los operarios, porque esto contribuye directamente a la obtención de un producto inocuo, así como cumplir las exigencias de algunos mercados y del consumidor final.

Para llevar a cabo las BPA y en general para el proceso de cosecha y poscosecha, los productores deben tener en cuenta algunas condiciones y características de la finca que intervienen en el sistema de producción, y que hacen parte de la planeación para el establecimiento del cultivo, tales como:

1. Topografía del predio (plano, ondulado, pendiente)
2. Tipo de suelo (arenoso, arcilloso, franco)
3. Condiciones climáticas de la zona (temperatura, precipitación, brillo solar)
4. Antecedentes del lote (inundaciones, erosión, aplicación de agroquímicos)
5. Abastecimiento de agua (nacimientos, pozo, quebrada, acueducto)

Al respecto, se aconseja elaborar un mapa de la finca y sus alrededores, para que el productor identifique todos los componentes del sistema de producción, reconozca los sectores adjuntos al cultivo de la mora e identifique la presencia de algún tipo de peligro (figura 6.2).



Figura 6.2. Mapa de la finca elaborado por un productor.

Factores relacionados con la implementación de un programa de bpa en fincas productoras de mora

En las normas elaboradas para el cumplimiento de las BPA se contemplan una serie de factores o elementos que se deben tener en cuenta en cualquier unidad productiva, algunos de ellos pueden ser de mayor o menor cumplimiento de acuerdo con la norma que se esté aplicando; sin embargo, si es para un proceso de certificación, la mayoría de estos factores se deben emplear, es decir, evidenciar su aplicación o presencia en la unidad productiva.

Áreas e instalaciones

Toda finca productora de mora debe contar con diferentes tipos de áreas, espacios o instalaciones que faciliten la implementación de las BPA; al respecto, se pueden hacer adaptaciones o reformas de algunos lugares de la finca, de acuerdo con los recursos de cada productor, tratando de que cumplan con los requerimientos de la norma; lo importante es que estos lugares estén debidamente identificados, organizados y acordes con los planes de aseo e higiene.

Unidad sanitaria y sistema de lavado de manos

Estos deben ser construidos con materiales fáciles de limpiar y con sistemas de evacuación de aguas servidas. Las unidades deben estar ubicadas a una distancia mínima de 100 m de fuentes de agua, y a más de 15 m de donde se manipulan o almacenan productos de cosecha. Además, deben contar con avisos de identificación, señalización, así como indicaciones (de manera gráfica) sobre el procedimiento correcto para el lavado de las manos (Instituto Colombiano Agropecuario [ICA], 2016) (figuras 6.3a y 6.3b). Si en los campos no es posible construir los servicios sanitarios y de lavamanos, los operarios podrían usar las instalaciones propias de las fincas, cumpliendo con las normas de limpieza e higiene.



Fotos: Luz Adriana
Vásquez Gallo

Figura 6.3. Unidades sanitarias y de aseo. a. Construcción en ladrillos; b. Construcción artesanal.

Área de almacenamiento de insumos agrícolas

Se puede destinar un espacio o área de la finca que esté retirado de la vivienda, y preferiblemente que sea resistente al fuego (no es necesario construir una bodega). Este espacio estará reservado para almacenar únicamente agroquímicos; lo importante es que esté organizado, que su construcción permita hacerle aseo y se encuentre debidamente señalizado (figuras 6.4a y 6.4b). En este lugar se debe ubicar un mueble o estantería para situar los insumos a utilizar en la finca (insecticidas, herbicidas, fungicidas y adherentes, productos biológicos, entre otros). Los líquidos se deben localizar en la parte de abajo, separados y marcados por tipo de producto; y los agroquímicos en polvo se ubican en la parte superior (figura 6.4c). Para la identificación se puede usar una tabla de madera, una lámina de plástico o una hoja de papel o cartón, protegida con un plástico o con un acetato. Los productos siempre se deben almacenar en el empaque original.



Fotos: Luz Adriana Vásquez Gallo

Figura 6.4. Área de almacenamiento de insumos agrícolas. a. Vista de una bodega construida en madera; b. Vista de una bodega debidamente señalizada; c. Forma de organización de productos dentro de la bodega.

Es necesario que esta área siempre esté con llave y correctamente marcada. Así mismo, se debe restringir la entrada de niños y animales. El lugar, además, tiene que contar con iluminación y ventilación (se puede colocar un lienzo que permita la entrada de la luz y evite la acumulación de gases). Todos los envases, bolsas y paquetes de productos deben estar debidamente cerrados. Igualmente, en la bodega debe estar ubicado un kit para manejo de derrames (con aserrín, periódico, escoba, pala, papelera), para facilitar la limpieza en caso de que ocurra un accidente con algún agroquímico

(Instituto Colombiano Agropecuario [ICA], 2016; Osorio, 2014; Corporación Colombia Internacional [CCI], 2011). Cuando suceda un derramamiento, el operario debe colocarse el equipo de protección personal (botas, guantes, respirador), y no debe aplicar agua sobre el líquido derramado sino cubrirlo con material absorbente (arena o aserrín); una vez absorbido el producto derramado, se debe recoger con la pala y depositarlo en una bolsa plástica, para luego ubicarlo en una caneca con tapa; si el derrame es sólido (polvo), se recoge con la pala, se echa en la bolsa plástica y luego en la caneca. Una vez recogidos los productos derramados se marcan y se empacan muy bien, para ser entregados a la entidad que recoge los envases (Asociación Nacional de Industriales, [ANDI], 2017).

Otras consideraciones

1. Tener en cuenta el tiempo de conservación y rotación de los productos; comprar solo los que se necesitan por un periodo de tiempo determinado.
2. Marcar en cada recipiente la fecha de compra, para llevar un control.
3. Utilizar productos registrados y autorizados por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA); en la etiqueta debe decir: Registro de venta ICA, N° ____.
4. Antes de preparar la mezcla y aplicar el producto, el agricultor debe leer muy bien la etiqueta y seguir las indicaciones escritas allí para estar seguro de la dosificación, peligrosidad, forma de aplicación, ingrediente activo y precauciones, entre otras.
5. Destinar un espacio para colocar letreros informativos con el fin de orientar a los trabajadores en relación con el manejo de equipos, precauciones, cuidados y acciones a tomar en caso de que ocurra algún accidente (figura 6.5).



Foto: Luz Adriana Vásquez Gallo

Figura 6.5. Tablero con información general.

6. Los fertilizantes se colocan en el piso sobre estibas, para evitar que estos se humedezcan; deben estar cerrados para evitar volatilización y el lugar de almacenamiento debe permanecer limpio, seco y ventilado (figura 6.6).



Foto: Luz Adriana Vásquez Gallo

Figura 6.6. Forma correcta de almacenar los fertilizantes sobre estibas.

7. Se debe llevar un control de todos los agroquímicos (plaguicidas, fertilizantes) que ingresan en la finca. En la tabla 6.1 se describe un formato para este fin.

Tabla 6.1. Formato para el inventario de plaguicidas o fertilizantes

Logo de la finca	Proceso: Inventario							Código:				
	Título del proceso: Inventario de plaguicidas o fertilizantes							Versión:				
								Fecha de aprobación:				
	Nombre de la finca:							Cultivo:				
Responsable:												
Fecha			Entradas						Salidas		Saldos	
D	M	A	Nombre del producto	Proveedor o casa comercial	Unidad	Cantidad	Costo	Cantidad	Costo	Cantidad	Costo	

Fuente: Elaboración propia

Área de almacenamiento de utensilios, equipos y herramientas

En todas las fincas de producción agrícola se utilizan diferentes equipos o elementos como aspersoras, tijeras, machetes, guadañas, baldes, azadones, palas, rastrillos, canastillas, mangueras, etc.; estos se deben lavar en un área específica e independiente y luego, guardar de manera organizada en un lugar limpio, ordenado y señalizado (Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria [Senasa], s. f.; Osorio, 2014) (figuras 6.7a y 6.7b).



Fotos: Luz Adriana Vásquez Gallo

Figura 6.7. Áreas de almacenamiento. a Área destinada a guardar herramientas; b Área destinada a guardar equipos de trabajo.

Otras consideraciones

1. Separar los implementos de trabajo de los insumos y agroquímicos.
2. Ubicar los equipos sobre una repisa, estantería o algún soporte sobre la pared.
3. Contar con manuales de instrucción, para evitar riesgos de contaminación cruzada y accidentes laborales, así como el deterioro y mal funcionamiento de las herramientas.
4. Una vez usadas las herramientas y otros elementos de trabajo, se deben lavar con agua limpia y, si es posible, desinfectar con hipoclorito al 2,4% o amonio cuaternario (figura 6.8).



Foto: Luz Adriana Vásquez Gallo

Figura 6.8. Recipientes para lavado y desinfección de elementos de trabajo.

5. Se sugiere que en la instalación agrícola se llene de manera constante un formato donde se especifique el mantenimiento que se realiza a los elementos y utensilios de trabajo (tabla 6.2).

Tabla 6.2. Formato para mantenimiento de equipos y herramientas

Logo de la finca	Proceso: Mantenimiento						Código:			
	Título del proceso: Mantenimiento de equipos y herramientas						Versión:			
							Fecha de aprobación:			
	Nombre de la finca:						Cultivo:			
Responsable:										
Fecha				Equipo o herramienta						Nombre del operario:
D	M	A	Nº	Bomba de espalda	Bomba de motor	Estacionaria	Guadaña	Motosierra	Otra	
Descripción de la operación										
Observaciones										

Fuente: Osorio (2014)

Área de dosificación y preparación de mezclas de insumos

Es un área destinada exclusivamente para preparar las mezclas de los agroquímicos que se van a aplicar en el cultivo; debe tener suministro de agua y estar retirada de la vivienda y de fuentes de agua (figuras 6.9a, 6.9b y 6.9c).



Fotos: Luz Adriana Vásquez Gallo

Figura 6.9. Diferentes tipos de áreas para la preparación de las mezclas. a. Mesa de madera al aire libre; b. Mesa de madera y concreto al aire libre; c. Área techada para la preparación de mezclas.

Área de vertimiento de aguas sobrantes

Es un área de la finca que debe encontrarse retirada de fuentes de agua, en la cual se pueden verter los sobrantes de las aplicaciones de plaguicidas y lo que sobra del lavado de las aspersoras, baldes y demás implementos; esta zona se identifica como barbecho (figura 6.10).



Foto: Luz Adriana Vásquez Gallo

Figura 6.10. Zona de barbecho.

Área de acopio de productos cosechados

Los frutos, una vez cosechados, se deben llevar a algún sitio del campo que los proteja de las condiciones ambientales (calor, lluvia, viento, radiación solar), y donde se puedan disponer de tal manera que no causen apilamiento ni aplastamiento, y estén libres de contaminación por polvo. En lo posible, se debe hacer una separación inicial rápida de frutos dañados o afectados por enfermedades, y así evitar contaminaciones que puedan afectar la calidad e inocuidad. En caso de que no sean transportados inmediatamente al punto de venta, los frutos se deben llevar a un centro de acopio transitorio, lugar que con mayor razón debe estar en las mejores condiciones higiénicas posibles. En este sitio, si se dispone de mesas, se pueden despitonar los frutos, según sea el requerimiento de los compradores (figuras 6.11a, 6.11b y 6.11c).



Fotos: Luz Adriana Vásquez Gallo

Figura 6.11. Ejemplos de áreas de acopio. a. Sitio de acopio para frutos de mora construido en madera; b. Sitio de acopio construido en madera, plástico y zinc; c. Mesa de acero inoxidable para despitonar mora.

Área para consumo de alimentos y descanso de los trabajadores

Este es un lugar independiente donde los productores puedan tomar sus alimentos y descansar (figura 6.12a); debe permanecer limpio y ordenado, con canecas para la disposición de basuras. Si es posible, el lugar debe disponer de un espacio para guardar elementos personales (figura 6.12b), lo importante es que el personal sienta que se le brindan condiciones óptimas que faciliten su desempeño laboral. Igual que como las demás instalaciones, esta área se puede acondicionar, sin incurrir en mayores gastos; para esto, se puede construir una ramada, así como bancos y mesas con madera de la zona.



Fotos: Luz Adriana Vásquez Gallo

Figura 6.12. Instalaciones para el bienestar de los trabajadores. a. Área para el consumo de alimentos y descanso; b. Área para guardar elementos personales.

Área para la disposición de residuos

En esta zona se ubican recipientes debidamente marcados para depositar materiales plásticos, metal, vidrio y residuos peligrosos que provengan de las diferentes actividades de la finca, permitiendo de esta manera hacer una correcta clasificación, lo que conlleva a una conservación y protección del medio ambiente (figuras 6.13a y 6.13b).



Fotos: Luz Adriana Vásquez Gallo

Figura 6.13. Recipientes para depositar residuos, debidamente marcados, tapados y protegidos de la lluvia. a. Bolsas debidamente marcadas; b. Recipientes plásticos.

Áreas para la ubicación de elementos de protección personal, botiquín de primeros auxilios y extintor

Toda finca debe tener un espacio para ubicar los elementos de protección personal (epp) que, por norma, una vez utilizados se deben lavar y guardar limpios. Además, es obligatorio disponer de un extintor multiusos cargado (figura 6.14a) y de un botiquín

de primeros auxilios (figura 6.14b); estos elementos se pueden ubicar en alguna de las bodegas, debidamente separados y señalizados.



Fotos: Luz Adriana Vásquez Gallo

Figura 6.14. Elementos de protección. a. Extintor en un lugar visible; b. Botiquín de primeros auxilios.

En general, todas las instalaciones y áreas mencionadas, así como otras que se utilizan en el sistema de producción de mora, deben tener avisos restrictivos, claros e informativos, de limpieza, aseo, organización y desinfección, así como de fácil acceso y evacuación (Instituto Colombiano Agropecuario [ICA], 2016) (figuras 6.15a, 6.15b, 6.15c y 6.15d).



Fotos: Luz Adriana Vásquez Gallo

Figura 6.15. Sitios con letreros de señalización exigidos en las BPA. a. Aviso restrictivo; b. Avisos de información; c. Aviso sobre advertencia de peligro; d. Aviso que indica el sitio para la disposición de basuras.

Protección de los operarios

Uno de los pilares o fundamentos de las BPA es la protección o bienestar de los trabajadores, lo cual tiene la intención de promover la calidad de vida de ellos y de sus familias, esto se logra si tanto operarios como sus superiores siguen las guías dispuestas en las normas de las BPA.

Bienestar, salud y seguridad de los operarios

Con relación a los trabajadores de campo, las BPA están orientadas a asegurar la implementación de medidas que logren un equilibrio óptimo entre las metas económicas y sociales, mejorando la calidad de vida de los operarios, con miras a que las labores asignadas no les generen riesgos. Además, se deben establecer horarios de trabajo aceptables y periodos de descanso justos; así como planes periódicos de capacitación e instrucción en el uso sin riesgos y eficiente de equipos y maquinaria. Al igual, es indispensable garantizarles remuneraciones razonables a todos los trabajadores y sin explotación en especial de las mujeres y los niños (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2003).

Otras consideraciones

1. Todos los operarios deben recibir una dotación completa que proteja su salud; se recomiendan los siguientes implementos: guantes, botas, protector facial, respirador, gafas y traje de protección. Estos elementos se deben usar en la preparación de las mezclas y en la aplicación de los plaguicidas en el campo.
2. Todo personal que labore en la finca debe contar con buen estado de salud; el personal con síntomas de enfermedades infecciosas no debe manipular los frutos de mora. Personas con afección respiratoria severa no deben estar haciendo fumigaciones, ni manipulando elementos tóxicos.
3. Mientras esté manipulando los agroinsumos, el operario de campo no debe consumir alimentos, ni tomar bebidas y mucho menos fumar, para evitar problemas en su salud, como intoxicaciones.
4. Operarios de campo con heridas no deben manipular los frutos (cosecha y poscosecha).
5. Los trabajadores permanentes deben estar afiliados a una Empresa Prestadora de Servicios de Salud (EPS) y a un Administrador de Riesgos Profesionales (ARP), y los trabajadores ocasionales deben tener un certificado de afiliación como independientes a la EPS y ARP (Ciro & Villegas, 2009).

6. Se debe contar con un plan de capacitación (tabla 6.3) permanente y documentado, que incluya temas relacionados con: almacenamiento, manejo y aplicación de productos químicos e insumos agrícolas, prácticas de higiene personal, primeros auxilios, manipulación de alimentos, manejo de residuos sólidos, riesgos profesionales y manejo de equipos de protección, manejo e higiene de equipos, manejo de extintores y calibración de equipos.

Tabla 6.3. Formato para el registro del plan de capacitación

Logo de la finca	Proceso: Capacitación																Código:							
	Título del proceso: Plan de capacitación																Versión:							
																	Fecha de aprobación:							
	Nombre de la finca:																							
Responsable:																								
Nombre del operario:												Nombre del capacitador:												
Tema	Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio			
	Semanas				Semanas				Semanas				Semanas				Semanas				Semanas			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4

Fuente: Adaptado de Osorio (2014)

Componentes ambientales

Para proteger los recursos naturales que están relacionados con la unidad productiva y otros factores que interactúan en el sistema productivo, se deben respetar y aplicar las guías registradas en las normas de las BPA, lo cual garantiza la sostenibilidad del sistema, la competitividad de la producción agrícola y la conservación de los factores ambientales.

Selección del lote

Antes de establecer un cultivo de mora, el productor debe estar al tanto de los antecedentes del lote, es decir conocer el uso anterior (tipo de cultivo, instalaciones pecuarias, uso de lotes aledaños, entre otros). Esto permite determinar la posibilidad de contaminación del agua para riego o del suelo por residualidad de metales pesados, herbicidas o estiércoles, factores que de una u otra forma pueden afectar el rendimiento del cultivo, producir contaminación a las frutas e incrementar los costos de la producción.

Otras consideraciones

1. Hacer una evaluación previa de los peligros (agentes químicos, físicos o micro-biológicos) para determinar si el terreno es apropiado o no para la siembra.
2. Si se identifican peligros, elaborar un plan de acción correctivo para reducir los riesgos.
3. El productor debe consultar, en la oficina de planeación del municipio, el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) que indica el uso de la tierra, lo que le permitirá conocer la viabilidad del establecimiento del cultivo en el sitio seleccionado.

Triple lavado

Otro de los requisitos, exigidos en la aplicación de las BPA para proteger el medio ambiente, está relacionado con el triple lavado de los envases con residuos de plaguicidas. Para esto, se vierte agua hasta la $\frac{1}{4}$ parte de la capacidad del envase, se agita fuertemente por 30 segundos y se esparce en la zona de barbecho, esta acción se repite por tres veces; finalmente, el envase se debe perforar para evitar su reutilización. Estos envases se guardan para luego ser recogidos por la entidad encargada y llevados a un sitio definido por las autoridades regionales (Corporación Campo Limpio, s. f.).

Con la disposición correcta de estos envases, los productores están aplicando el Plan de Gestión Integral de Residuos a su finca. Los envases vacíos de plaguicidas se

consideran, por normas nacionales e internacionales, “residuos peligrosos” y por lo tanto deben tener un manejo ambientalmente cuidadoso y controlado (Corporación Campo Limpio, s. f.). En Colombia, la Corporación Campo Limpio, promueve el manejo responsable de envases vacíos de agroquímicos a través del triple lavado, la adecuada recolección y su disposición final.

Manejo del agua

En caso de ser necesario aplicar riego en el cultivo, el agua debe ser usada de manera apropiada: evitando encharcamientos, programando con precisión el tiempo, frecuencia y caudal de riego, y protegiendo las fuentes de agua de algún tipo de contaminante. Se requiere conocer la calidad del agua de riego, sobre todo la que proviene de aguas profundas y superficiales (pozos, nacimientos, quebradas, ríos, lagunas) (figuras 6.16a y 6.16b), ya que esta debe cumplir con parámetros definidos, en especial debe tener ausencia de contaminantes químicos (residuos de plaguicidas y metales pesados) y de microbios patógenos (bacterias, hongos, virus,), que puedan afectar la inocuidad de los frutos y la salud de los trabajadores (Torrado, 2005). La norma (Decreto 1594 de 1984) dice que el número más probable (nmp) de coliformes totales no debe de exceder de 5.000, y de coliformes fecales no más de 1.000, cuando se use el recurso agua para riego de frutas que se consuman sin quitar la cáscara y para hortalizas de tallo corto (Presidencia de la República de Colombia, 1984). Se debe hacer análisis del agua, mínimo una vez al año (Instituto Colombiano Agropecuario [ICA], 2016) (figura 6.17) y los resultados de estos se tienen que guardar como fuente de verificación.



Fotos: Luz Adriana Vásquez Gallo

Figura 6.16. Diferentes fuentes de agua superficial para uso en cultivos. a. Quebrada; b. Laguna.



Foto: Alegria Saldarriaga Cardona

Figura 6.17. Toma de muestras de agua para análisis de calidad.

Manejo de suelos

La gestión en el manejo de los suelos mantendrá y mejorará la fertilidad de estos, reduciendo al mínimo la erosión y la pérdida de sus nutrientes; también pretende optimizar la actividad biológica del suelo y proteger la vegetación natural lindante, mediante prácticas apropiadas como estas:

1. Utilizar la labranza mínima o de conservación, y la protección de la cubierta del suelo (para reducir al mínimo su pérdida por erosión eólica o hídrica).
2. Sembrar en las distancias recomendadas.
3. Aplicar en forma razonable (en las dosis establecidas para cada producto) tanto fertilizantes químicos como orgánicos.
4. Hacer rotación de cultivos cuando sea técnicamente posible, para conservar y enriquecer la materia orgánica y la fertilidad del suelo.
5. Hacer drenajes cuando se presenten problemas de saturación de humedad en el suelo.
6. Sembrar en curvas a nivel si el lote de siembra es pendiente, para proteger el suelo de procesos de erosión (figuras 6.18 y 6.19).
7. Realizar prácticas racionales mecánicas o de trabajo de suelo de conservación (Instituto Colombiano Agropecuario [ICA], 2016, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2003).
8. Proteger el suelo, dejando en las calles material vegetal que no afecte el desarrollo normal del cultivo y las labores de manejo de este (figuras 6.20a y 6.20b).
9. Prevenir la formación de cárcavas.
10. Sembrar barreras vivas para evitar procesos de erosión.
11. Elaborar los registros correspondientes de las labores que se realicen.



Foto: Luz Adriana Vásquez Gallo

Figura 6.18. Sistema de siembra en curvas a nivel, recomendado para proteger el suelo.



Foto: Luz Adriana Vásquez Gallo

Figura 6.19. Sistema de siembra a favor de la pendiente, no recomendado.



Fotos: Luz Adriana Vásquez Gallo

Figura 6.20. Protección del suelo con diferentes tipos de cobertura. a. Arvenses de porte bajo; b. Gramíneas.

Material de propagación

El material que se seleccione para la siembra debe estar adaptado a la zona, para asegurar su rendimiento y mayor vida útil; este se puede obtener en la propia finca, en la de un vecino o de un propagador o vivero (figuras 6.21 y 6.22); en cualquiera de los casos, el productor debe conocer las condiciones y características de producción de este material. El ICA (2009) recomienda que las plántulas deben ser obtenidas en viveros certificados, los cuales deben cumplir con la Resolución 3180 de esa entidad, por medio de la cual se establecen los requisitos y procedimientos para la producción y distribución de material de propagación de frutales en el territorio nacional y se dictan otras disposiciones; si las plantas se obtienen del mismo predio, deben seguir los procedimientos para este fin. Con respecto al material de propagación se deben tener presentes las siguientes consideraciones:



Foto: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 6.21. Material de siembra producido en finca.



Foto: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 6.22. Material de siembra producido en vivero especializado.

1. Cualquier acción que se desarrolle (aplicación de plaguicidas, fertilización, poda, entre otras) en el material de propagación, debe quedar registrada.
2. Reportar anomalías (signos o síntomas) en las plántulas, y asesorarse de un técnico para desarrollar un plan de calidad, con base en tratamientos sanitarios apropiados.
3. Eliminar plántulas enfermas o sospechosas de alguna enfermedad.
4. Llevar un registro documental de las actividades desarrolladas para la producción de material vegetal (tabla 6.4).

Tabla 6.4. Formato para la producción de material vegetal en la finca

Logo de la finca	Proceso: Material vegetal		Código:		
	Título del proceso: Producción de material vegetal		Versión:		
			Fecha de aprobación:		
Nombre de la finca:					
Responsable:					
Fecha	Labor	Producto	Cantidad	Unidad	Costos

Fuente: Elaboración propia

Nutrición

Los productores de mora deben diseñar un plan de fertilización, para favorecer el rendimiento del cultivo y la calidad de los frutos, basado en el análisis del suelo y los requerimientos técnicos (tabla 6.5), determinando dosis y frecuencias de aplicación, previo análisis fisicoquímico del suelo antes de la siembra y durante el cultivo en producción. Esto se debe hacer al menos una vez al año.

Tabla 6.5. Requerimientos para el establecimiento de un cultivo de mora

N°	Factores		Clasificación por factores			
	Factor diagnóstico		A1: suma/apta	A2: moderada/apta	A3: marginal/apta	N: no apta
1	Altitud (m s. n. m.)		1.800 - 2.400	1.600 - 1.800 2.400 - 2.700	1.400 - 1.600 2.700 - 3.000	<1.400 >3.000
2	Radiación (h/día)		4,0 - 6,0	3,0 - 4,0	2,0 - 3,0	<2
3	Temperatura (°C)		14,0 - 17,5	17,5 - 18,5	18,5 - 19,5	>19,5
				12,9 - 14,0	11,1 - 12,9	<11,1
4	Precipitación (mm)		1.500 - 2.400	1.300 - 1.500	500 - 1.300	<500
				2.400 - 2.600	2.600 - 4.000	>4.000
5	Drenaje del suelo (clase)		Bien drenado	Imperfectamente drenado	Excesivamente drenado	Pantanosos
			Moderadamente bien drenado		Pobremente drenado	
					Muy pobre/drenado	
6	Nivel de nutrientes del suelo	N (ppm)	0,25 - 0,30	<0,25	<0,25	>0,3 - <0,25
		P (me/100 g)	15 - 30	15 - 30	0 - 15	<15 - >30
		K (meq/100 g)	>0,3	>0,3	0,2 - 0,3	< 0,2
7	Ph		5,6 - 6,5	5 - 5,5	4,6 - 5,5	<4,6 - >6,5
8	“Textura (Clase)”		Franca	Franco-arenosa	Arenoso/arcilloso	Gravas
				Franco-arcillosa		Arcillas montmorilloníticas
9	Pendiente (%)		0-50	50-70	70-75	>75
10	Profundidad efectiva del suelo (cm)		50-100	50-75	30-50	<30

Fuente: Ríos y Vásquez (2009)

Otras consideraciones

- 1. El plan de fertilización debe estar supervisado por un asistente técnico.
- 2. Se deben utilizar insumos agrícolas y abonos orgánicos con registro del ICA; igualmente, comprar en establecimientos autorizados por esta entidad.
- 3. Si prepara abonos orgánicos en el predio (compostaje), es necesario llevar registros del tipo y origen del material vegetal, así como de los procedimientos de elaboración y controles realizados (tabla 6.6).
- 4. No usar fuentes de agua que presenten contaminación microbiológica, como tampoco heces humanas, tratadas o sin tratar, ni desechos urbanos sin clasificar o cualquier otro material que presente contaminación microbiológica y de metales pesados (Instituto Colombiano Agropecuario [ICA], 2016).

Tabla 6.6. Formato para el seguimiento de la preparación de compost

Logo de la finca	Proceso: Compostaje								Código:			
	Título del proceso: Elaboración de compost								Versión:			
									Fecha de aprobación:			
Nombre de la finca:												
Responsable:												
Actividad	Semana											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Elección del lugar y nivelación												
Picado y amontonamiento del material												
Control de la temperatura												
Tamizado												

Fuente: Adaptado de Román, Martínez y Pantoja (2013)

5. En el compostaje se pueden usar desperdicios orgánicos como cáscaras de frutas y hortalizas, restos de cosecha (figura 6.23a), pasto, hojas caídas de los árboles (figura 6.23b), viruta de aserrín, cáscaras de huevo, servilletas, pañuelos de papel (Román et al., 2013), estiércol, preferiblemente de vaca o caballo, tierra y melaza, entre otros. Luego de obtener el compost, este se empaqueta en sacos para su transporte o se utiliza directamente en la finca (figura 6.24).



Fotos: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 6.23. Materiales empleados en la elaboración del compost. a. Residuos de cosecha; b. Pasto y hojas.



Foto: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 6.24. Material compostado listo para su empaque o uso en la finca.

6. Registrar todas las aplicaciones de fertilizantes tanto foliares como edáficas, en un formato, para tener un control de insumos y garantizar la trazabilidad (Osorio, 2014) (tabla 6.7).

Tabla 6.7. Formato para el control en la aplicación de los fertilizantes en el cultivo

Logo de la finca			Proceso: Fertilización		Código:
			Título del proceso: Aplicación de fertilizantes	Versión:	
				Fecha de aprobación:	
				Nombre de la finca:	
Responsable:			Inventario de fertilizante (uno por producto comercial):		
Casa comercial:			Asistente técnico:		
Fecha	Concepto	Dosis	Método de aplicación	N.º Lote	Operario que hizo la aplicación

Fuente: Adaptado de Osorio (2014)

Protección del cultivo

La protección del cultivo comienza desde el cuidado de las plántulas en el almácigo o en los invernaderos, salvaguardándolas de lluvias fuertes, temperaturas altas o bajas y deficiencia o exceso de humedad; continúa con la selección adecuada de la época de siembra y del trasplante al sitio definitivo (en horas de la mañana, evitando altas temperaturas y periodos de sequía), con la aplicación de fertilizantes (orgánicos e inorgánicos) en la cantidad y momento adecuados, de acuerdo al plan de fertilización (Asociación de Bananeros de Colombia [Augura], 2009).

En el lote ya establecido y con la ayuda de un técnico, se debe constituir un programa de control fitosanitario, promoviendo el manejo integrado de plagas y enfermedades (mipe) fundamentado en los conceptos de prevención, observación e intervención (Augura, 2009).

Prevención

Son medidas indirectas que se realizan de forma rutinaria en el cultivo y que contribuyen a mantener en bajos niveles los problemas sanitarios (plagas y enfermedades); de acuerdo con el ICA (2009), dentro de las medidas de prevención están las siguientes:

1. Realizar cultivos trampa.
2. Usar variedades resistentes.
3. Hacer rotación de cultivos.
4. Llevar a cabo una fertilización basada en el análisis del suelo.
5. Hacer poda de formación y sanitarias, en el tiempo y la forma adecuada.
6. Cosechar en el momento oportuno.
7. Desinfectar el calzado antes de entrar a los lotes.
8. Promover el desarrollo de especies de fauna benéfica.
9. Manejar el riego.
10. Realizar drenajes cuando sea necesario.
11. Desinfectar el sustrato antes de la siembra en el vivero.
12. Desinfectar las herramientas.
13. Retirar plantas enfermas.
14. Reciclar restos vegetales y disponerlos adecuadamente.
15. Usar material de siembra proveniente de viveros registrados ante el ICA.

Observación

Consiste en realizar monitoreo del cultivo, hacer sistemas de pronóstico y modelos de predicción. Esto con el fin de evaluar el desarrollo y presencia de plagas mediante inspecciones (figura 6.25a) y el uso de trampas (figura 6.25b).



Fotos: Alegria Saldarriaga Cardona
y Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 6.25. Observación de problemas fitosanitarios. a. Observación mediante inspección o monitoreo; b. Uso de trampas para evitar la presencia de plagas.

Intervención

Conjunto de medidas utilizadas con el fin de reducir las poblaciones de las plagas y disminuir la incidencia y severidad de las enfermedades por debajo del nivel de daño económico. Estas medidas incluyen el control natural, que puede ser abiótico (altas o bajas temperaturas, lluvias, vientos, sequías) o biótico (enemigos naturales, parasitoides, depredadores). Igualmente, incluyen el control artificial mediante la exclusión (evitar el ingreso de la plaga mediante campañas preventivas), erradicación (eliminar la plaga mediante acciones legales), protección (construir barreras físicas y drenajes, modificar el pH del suelo, como medidas para mitigar la presencia de las plagas), inmunización (técnicas de mejoramiento genético con el fin de obtener plantas con tolerancia o resistencia a plagas y enfermedades), aplicación legal (leyes, normas o disposiciones legales emanadas por la autoridad fitosanitaria del país, para evitar el ingreso de una plaga o una enfermedad), aspectos físicos (uso de electricidad, temperatura, sonido y ultrasonido, pegantes y radiaciones, control mecánico) (Augura, 2009).

Dichas medidas también se refieren a las prácticas etológicas (empleo de sustancias para alterar el comportamiento de las plagas), prácticas culturales (actividades agronómicas como podas de formación, sanitarias y de renovación, retirar del lote

el material podado, control selectivo de malezas, preparación del suelo, tutorado), y prácticas químicas (uso de plaguicidas con dosis y en épocas recomendadas por el técnico y solo cuando sea necesario, respetando los periodos de carencia; así como la desinfección del calzado antes de entrar a los lotes de mora) (figura 6.26) (Augura, 2009).



Foto: Alegria Saldarriaga Cardona

Figura 6.26. Desinfección del calzado a la entrada de los lotes.

Todos los controles deben quedar registrados en formatos, para la verificación en un proceso de certificación (tabla 6.8).

Tabla 6.8. Formato para el control de plaguicidas

Logo de la finca		Proceso: Control plaguicidas			Código:
		Título del proceso: Aplicación de plaguicidas			Versión:
					Fecha de aprobación:
Nombre de la finca:					
Responsable:				Inventario de plaguicida (uno por producto comercial)	
Producto:				Periodo de carencia:	
Ingrediente activo:				Categoría toxicológica:	
Tipo:				Registro ica:	
Casa comercial:				Asistente técnico:	
Fecha de aplicación	Para control de	Dosis	Método de aplicación	N.º Lote	Operario que hizo la aplicación

Fuente: Adaptado de Osorio (2014)

Cosecha y poscosecha

Con respecto a la implementación de las BPA en estas etapas de la producción primaria, los productores deben tener presente las siguientes recomendaciones:

1. Cosechar en la época apropiada, cuando los frutos han alcanzado la madurez fisiológica.
2. Cosechar respetando los “periodos de carencia”, tiempo que transcurre entre la última aplicación de un plaguicida y la cosecha, para evitar que la fruta sea cosechada con residuos.
3. Cosechar en recipientes plásticos que se puedan lavar y desinfectar (figura 6.27).



Foto: Luz Adriana Vásquez Gallo

Figura 6.27. Recipiente plástico utilizado para la cosecha de mora.

4. Cosechar todos los frutos tanto sanos como enfermos, pero de manera independiente, para evitar, contaminación entre frutos y focos de infección.
5. Utilizar elementos de protección por parte de los operarios de campo durante la cosecha (gorra o sombrero, bloqueador, botas, camisa de manga larga).
6. Trasladar a canastillas plásticas, debidamente lavadas y desinfectadas, los frutos de mora una vez cosechados, los cuales se protegen de la intemperie colocándolos a la sombra o cubriéndolos con otra canastilla o con algún objeto limpio. Durante esta labor debe evitarse el tratamiento inadecuado de la fruta, tal como se aprecia en las figuras 6.28a y 6.28b.



Fotos: Luz Adriana Vásquez Gallo

Figura 6.28. Tratamiento inadecuado de la fruta en poscosecha. a. Inadecuada protección; b. Exposición de los frutos de mora a contaminación y deterioro de la calidad.

7. Utilizar canastillas plásticas para la comercialización, recubiertas con una bolsa plástica limpia (figura 6.29), para proteger los frutos de contaminación microbiana y además evitar el derrame (“sangrado”) del jugo de la mora.



Foto: Luz Adriana Vásquez Gallo

Figura 6.29. Canastilla recubierta con bolsa plástica para proteger la mora de contaminación y evitar derrames.

8. Tener cuidado en la manipulación de los frutos de mora, ya que por no tener una cubierta (cáscara) son más susceptibles a la contaminación; por eso, durante la cosecha y poscosecha principalmente, se deben mantener limpias las manos de los operarios, así como limpias y desinfectadas las mesas para despitar, los recipientes y canastillas, además se debe realizar un transporte adecuado.
9. El agua que se usa en poscosecha, que de alguna manera tiene contacto directo o indirecto con la fruta, debe estar libre de microorganismos patógenos.

Soporte documental (registros, planes y procedimientos)

Una de las condiciones que tiene la aplicación de las BPA es demostrar lo que se está haciendo en la producción primaria. Esto se logra a través de registros que se llenan en cada una de las actividades; además, ello es un requisito fundamental para la trazabilidad del producto y para la certificación de los predios. Estos registros pueden ser utilizados también para conocer los estados financieros del predio.

Registros documentales

Los registros que exige la resolución del ICA 020009 de 2016 para la certificación de BPA agrícolas son los siguientes:

1. Mantenimiento, limpieza, desinfección y calibración de equipos.
2. Capacitaciones al personal.
3. Preparación de abono orgánico en el predio.
4. Producción de material vegetal en la finca.
5. Aplicación e inventario de fertilizantes y plaguicidas.
6. Obtención del material vegetal.
7. Consumo de agua en la actividad agrícola.
8. Acciones de protección del agua.

Planes y procedimientos

Los productores deben llevar a cabo unos planes para la buena aplicación de las BPA, entre los cuales están los siguientes:

1. Plan de uso racional de agua.
2. Plan para evitar la erosión de suelos.
3. Procedimiento para la obtención del material de propagación en el predio.
4. Plan de mantenimiento, desinfección y calibración de equipos.
5. Plan de fertilización de acuerdo al análisis del suelo.

6. Plan de manejo integrado de plagas y enfermedades.
7. Plan de manejo de residuos líquidos y sólidos.
8. Procedimiento para la elaboración de abonos orgánicos.
9. Procedimiento para el manejo de equipos.

El soporte documental evidencia el funcionamiento eficaz de la aplicación de las BPA, que a su vez apoya los procesos de auditoría externa, de trazabilidad y de certificación. La consolidación de los registros de campo en un cuaderno o electrónicamente (dependiendo del nivel tecnológico), constituyen el sistema de documentación.

Trazabilidad

Se define como la capacidad para seguir el movimiento de un producto a través de una o varias etapas de la producción, transformación y distribución, es decir conocer la historia del alimento.

Es necesario entonces que los productores implementen un sistema de trazabilidad, a través del registro de todas las acciones o actividades cotidianas del manejo en la producción primaria, el cual se consigna en los libros de campo o en formatos. Lo anterior indica que si los productores de mora o algún agente externo de la cadena de producción. Identifican algún problema o algún peligro o riesgo en los frutos, se debe identificar el qué, el cómo, el cuándo y el quién, en cada una de estas actividades de producción. Esto permitirá precisar o identificar la causa de alguna eventualidad que pudiera haber afectado la inocuidad del producto.

Otras consideraciones

1. Una persona debe ser la responsable de llenar estos formatos o registros, previo a una capacitación.
2. Es necesario diseñar un formato para la toma de datos al que se pueda acceder fácilmente.
3. Si se tienen varios lotes y son manejados del mismo modo, se pueden asumir como un solo lote, siempre que se reporte cada una de las actividades.

Consideraciones finales

Con la aplicación de las BPA en los predios de los agricultores de mora se beneficiarían todos los agentes que hacen parte de la cadena de producción: el agricultor, porque

da un valor añadido a su producto, porque está ofreciendo un fruto inocuo y puede generar un ingreso adicional (producto diferencial); los consumidores, ya que están seguros de que consumen un producto sano y libre de contaminantes; el comercio y la industria porque pueden vender y procesar frutos inocuos, y la sociedad en general, porque producir con BPA asegura una agricultura sostenible con la que se protege el medio ambiente.

Si un productor quiere certificar su predio en BPA, de acuerdo a sus necesidades y particularidades, se puede registrar por: normas nacionales, definidas por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) con la Resolución 020009 del 2016 o por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (Icontec), que certifica con la NTC 5400 (Icontec, 2006); o por la norma internacional GlobalGAP (GlobalGAP, s. f.; Corporación Colombia Internacional [CCI], 2011).

Cuando el productor ha llevado a cabo todos los protocolos para la implementación de las BPA en el cultivo de mora, puede proceder a certificar su predio bajo el reglamento del ICA, para lo cual debe solicitar, en la oficina de su jurisdicción, tal certificación. Dicha solicitud debe estar acompañada con los siguientes requisitos:

1. Acreditación de la propiedad, posesión o tenencia del predio.
2. Certificado de existencia y representación legal si es persona jurídica, no mayor a noventa (90) días calendario (Registro Único Tributario).
3. Documento que acredite la asistencia técnica al predio por parte de un ingeniero agrónomo y fotocopia de la tarjeta profesional, dirección, teléfono, fax y correo electrónico.
4. Croquis de llegada y plano del predio, indicando las áreas destinadas al cultivo y especies.
5. Análisis microbiológico de agua proveniente de las fuentes utilizadas en las labores del predio, con vigencia no mayor a un año.
6. Certificado del uso del suelo expedido por la autoridad competente.
7. Para efectos de la visita establecida, de acuerdo con el artículo 5.º de la Resolución 020009 del 7 de abril del 2016, deberá cumplir con lo establecido en el Anexo I del *Manual de buenas prácticas agrícolas*.
8. Permiso de uso de aguas cuando se requiera, según lo establecido en el Decreto 3930 de 2010 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Herrera & Campuzano, 2013).

Referencias

- Asociación de Bananeros de Colombia (Augura). (2009). *Uso seguro de plaguicidas e insumos agrícolas*. Medellín, Colombia: Augura. Recuperado de <http://cep.unep.org/repcar/proyectos-demostrativos/colombia-1/publicaciones-colombia/cartilla-plaguicidas-definitiva.pdf>
- Asociación Nacional de Industriales (ANDI). (2017). *Guía para la gestión ambiental responsable de los plaguicidas químicos de uso agrícola en Colombia*. Bogotá, Colombia: ANDI. Recuperado de <http://cep.unep.org/repcar/capacitacion-y-concienciacion/andi/publicaciones-andi/Guia%20ambiental%20plaguicidas.pdf>
- Ciro, P., & Villegas, B. (2009). *Mis buenas prácticas agrícolas*. “Guía para agroempresarios”. Bogotá, Colombia: Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).
- Corporación Campo Limpio. (s. f.) *El manejo de envases vacíos de plaguicidas de campo limpio*. Bogotá, Colombia: Corporación Campo Limpio. Recuperado de <https://www.federaciondecafeteros.org/static/files/ManejofungicidasCampoLimpio.pdf>
- Corporación Colombia Internacional (CCI). (2011). *Experiencia en implementación de Buenas Práctica Agrícolas. Zonas Rurales de Bogotá D.C.* Bogotá, Colombia: Secretaria Distrital de Ambiente.
- Corporación Colombia Internacional (CCI). (s. f.). *Agricultural value. ColombiaGAP*. Recuperado de <http://www.cci.org.co/colombiagap/>
- Ghémar, K. (2013). *Oportunidades de negocio para el sector agroindustrial: certificaciones y nuevas tendencias de consumo en la Unión Europea*. Recuperado de <https://www.slideshare.net/pasante/2-laminas-k-ghemar-bogota-11-septiembre>.
- GlobalGAP. (s. f.). *Cinco pasos para obtener la certificación*. Estados Unidos: GlobalGAP. Recuperado de <https://www.globalgap.org/es/what-we-do/globalg.a.p.-certification/five-steps-to-get-certified/>
- Herrera, C. & Campuzano, C. (2013). *El cuidado del agua*. Medellín, Colombia: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Recuperado de <http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/cultura-del-agua/El-cuidado-del-agua.pdf>
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2009). *Resolución 003180 del 26 de agosto 2009*. Bogotá, Colombia: ICA. Recuperado de <https://www.ica.gov.co/getattachment/4b90ef08-dc61-4685-a820-39d853a9ad98/2009R3180.aspx>

- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2016). *Resolución 020009 del 7 de abril del 2016*. Bogotá, Colombia: ICA. Recuperado de <https://www.ica.gov.co/Normatividad/Normas-Ica/Resoluciones-Oficinas-Nacionales/RESOLUCIONES-DEROGADAS/Res-020009-DE-2016.aspx>
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (Icontec). (2006). *Reglamento particular para la certificación en Buenas Prácticas Agrícolas otorgada por Icontec*. Bogotá, Colombia: Icontec. Recuperado de <http://conectarural.org/sitio/sites/default/files/documentos/Certificacion%20en%20BPA%20NTC%205400.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2003). *Elaboración de un marco para las buenas prácticas agrícolas*. Roma: FAO. Recuperado de <https://www.fao.org/docrep/MEETING/006/Y8704s.htm>
- Organización de las Nacionales Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2005). *Garantizar la inocuidad de los alimentos en los ámbitos de la producción y la elaboración*. Costa Rica. Recuperado de www.fao.org/tempref/docrep/fao/Meeting/010/j6407s.pdf
- Organización de las Nacionales Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2012). *Manual de buenas prácticas agrícolas para el productor hortofrutícola* (2.^a ed.). Santiago de Chile, Chile: FAO. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-as171s.pdf>
- Osorio, C. (2014). Buenas prácticas agrícolas. En J. Bernal (Ed.), *Manual técnico. Actualización tecnológica y buenas prácticas agrícolas (BPA) en el cultivo de aguacate* (pp. 152-181). Medellín, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Presidencia de la República de Colombia. (1984). *Decreto 1594 de 1984*. Bogotá, Colombia: Alcaldía de Bogotá. Recuperado de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=18617>
- Ríos, G., & Vásquez, L. (2009). Zonificación del cultivo de la mora: Una herramienta básica para orientar su desarrollo competitivo. En *Memorias del Seminario de actualización tecnológica: Cultivo, Agroindustria y Comercialización de la Mora de Castilla*. Rionegro, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Román, P., Martínez, M., & Pantoja, A. (2013). *Manual de compostaje del agricultor. Experiencias en América Latina*. Santiago de Chile, Chile: Organización de las Nacionales Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

- Secilio, G. (2005). *La calidad en alimentos como barrera paraarancelaria* (Serie Estudio y Perspectivas - Oficina de la Cepal en Buenos Aires). Buenos Aires, Argentina: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal) Recuperado de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/4855/1/S05805_es.pdf
- Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (Senasa). (s. f.) *Guía de Buenas Prácticas Agrícolas* (Anexo III). Recuperado de <https://www.senasa.gob.pe/senasa/descargasarchivos/2014/12/GUIA-DE-BUENAS-PRACTICAS-AGRICOLAS.pdf>
- Torrado, A. (2005). *Buenas Prácticas Agrícolas – Sistemas de aseguramiento de la calidad de los alimentos*. Bogotá, Colombia: Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).







Capítulo VII

Cosecha y manejo poscosecha

Germán Franco

María Cristina García

Germán Alonso Antía Londoño

Juan Camilo Henao Rojas

En la cosecha se refleja el manejo cultural del cultivo de la mora, y es allí donde se reciben los beneficios de este o (si la fruta obtenida no satisface los requisitos del mercado) se sufren pérdidas de insumos, tiempo, recursos naturales, recursos humanos y demás factores utilizados para la producción. De otra parte, la poscosecha es el puente entre la producción y el consumo, por lo tanto, debe garantizar la calidad de la fruta que llega al consumidor, para lo cual, mediante diferentes operaciones de acondicionamiento, se protege la fruta de diversas fuentes de daño y se le transfiere mayor valor. De manera similar a la cosecha, si durante la poscosecha la fruta no se maneja de manera adecuada, se puede malograr su calidad con la respectiva pérdida de la inversión realizada por el productor durante meses o incluso años. Para

llevar a cabo la cosecha y la poscosecha de manera adecuada es importante conocer algunos aspectos básicos de la fisiología en la poscosecha, los cuales explican el comportamiento de la fruta bajo diferentes condiciones o estímulos ambientales.

Aspectos básicos de la fisiología en la poscosecha

Antes de entrar a presentar las recomendaciones para el manejo adecuado de la mora tanto en la cosecha como en la poscosecha, es imprescindible tener presente algunos conceptos básicos de fisiología para llevar a cabo la poscosecha, los cuales constituyen el soporte de las recomendaciones.

Entre los aspectos fisiológicos básicos que hay que tener presentes para realizar un manejo adecuado de la mora durante la cosecha y poscosecha se encuentran los siguientes: en primer lugar, la mora es una estructura viva que respira, transpira, pero también se envejece y muere como todo ser viviente; en segundo lugar, la mora es una fruta no climatérica, lo cual desde el punto de vista práctico significa que una vez cosechada, su proceso de maduración se detiene, es decir sus características sensoriales no mejoran.

Con respecto al primer punto, es importante tener en cuenta que mientras la mora esté sujeta a la planta, esta le proporciona el agua y alimento que requiere para continuar el desarrollo de los procesos fisiológicos que le permiten continuar su crecimiento y maduración, pero una vez retirada de la planta, al ser un tejido vivo, debe tomar el alimento de las reservas que haya logrado acumular mientras estuvo unida a la planta. Mediante procesos de respiración de la fruta, este alimento (azúcares principalmente) que logró acumular lo convierte en energía para realizar todos los procesos metabólicos que le permiten seguir viva, para mantener su calidad. La siguiente ecuación, según Wills, Lee, McGlasson y Hall (1984), muestra cómo, durante la respiración, la fruta toma los azúcares acumulados y los degrada con el oxígeno que toma del ambiente para liberar agua, energía y dióxido de carbono.



Azúcares + Oxígeno $\longrightarrow$ Agua + Dióxido de carbono + Energía

Parte de esta energía la utiliza para llevar a cabo los procesos metabólicos que le permiten continuar viva y retardar los procesos de deterioro que conducen a la muerte del fruto. La otra parte de la energía la libera en forma de calor, por lo cual, cuando se acumula fruta en un lugar cerrado la temperatura del recinto puede aumentar (Wills et al., 1984).

De esta ecuación se puede deducir que si la fruta consume muy rápido los azúcares que acumuló, su tiempo de vida útil será muy corto, por lo que se deteriorará rápidamente (Wills et al., 1984).

Por lo tanto, para lograr mantener la calidad de la mora por largo tiempo es imprescindible reducir la velocidad de consumo de estos azúcares o, en otras palabras, reducir la velocidad o tasa de respiración de la fruta. Para esto es importante conocer cuáles son los factores que aceleran o retardan los procesos de respiración y transpiración de la mora.

El factor ambiental de mayor peso sobre la tasa de respiración de la mora es la temperatura. Todas las reacciones de degradación de la fruta se pueden acelerar con el aumento de la temperatura. Por cada 10 grados centígrados de aumento de la temperatura, la tasa de respiración puede acelerarse hasta tres veces (Kader, 2007) o, en otras palabras, el tiempo de vida útil se puede reducir hasta tres veces. Esto quiere decir que la temperatura constituye el factor externo más importante a controlar para mantener la calidad de la mora por mayor tiempo.

Otro de los factores externos a controlar, para reducir la velocidad de respiración de la fruta, es la composición de la atmósfera que la circunda. Si la fruta está en un ambiente de baja concentración de oxígeno o alta concentración de dióxido de carbono, la mora retardará el proceso de descomposición de los azúcares. En el primer caso, porque el oxígeno es el encargado de descomponer las reservas alimenticias que ha acumulado la fruta, por lo tanto, si hay poco oxígeno no puede descomponer los azúcares tan rápidamente; y en el segundo caso, porque si ya existe dióxido de carbono, el ambiente se satura con este gas y la velocidad de respiración también se reduce.

La transpiración o pérdida de agua de la fruta en forma de vapor de agua, es un proceso fisiológico de importancia. Dado que la mora es un fruto con un alto contenido de agua, esta pérdida de agua se refleja rápidamente en ella, por lo que toma apariencia deshidratada y marchita. Por ello, el control de la transpiración es también un hecho decisivo en el aseguramiento de la calidad de la fruta, y para esto también es importante conocer los factores que afectan la transpiración de la mora.

Los factores externos que determinan la velocidad de transpiración o pérdida de agua son la humedad relativa y la velocidad del aire. Para reducir al máximo la deshidratación o pérdida de agua de la fruta, esta se debe almacenar en condiciones de alta humedad relativa (~ 90 %), con lo cual la diferencia de presión de vapor de agua entre la fruta y el ambiente se reduce y la pérdida de agua por parte de la fruta también disminuye. Sin embargo, en el caso de la mora debe tenerse cuidado de no someterla a condiciones de humedad relativa mayor de 90 %, pues esto favorece el desarrollo de enfermedades.

La velocidad del aire también es un factor decisivo en la transpiración de la fruta. Aunque es recomendable para homogeneizar la concentración de los gases y bajar la temperatura de la fruta, si la ventilación es muy alta el producto se puede deshidratar.

El segundo aspecto fisiológico a tener en cuenta para el manejo de la mora es su carácter no climatérico. Galvis y Herrera (1995), Sora, Fischer y Flórez (2006) y García (2012) han encontrado que la tasa respiratoria es constante a lo largo del proceso de maduración de la fruta y no presenta ningún pico de respiración como sí sucede con los frutos climatéricos cuando inician su maduración. Como se dijo anteriormente, desde el punto de vista práctico, los frutos no climatéricos no siguen madurando una vez cosechados, es decir, sus características fisicoquímicas y organolépticas no mejoran, como sí ocurre con los frutos climatéricos como el mango o el banano, los cuales, si se cosechan verdes, pueden madurar y desarrollar las características buscadas por el consumidor. Por lo tanto, los frutos de mora deben dejarse en la planta hasta que muestren características muy cercanas a las requeridas por el mercado (García & García, 2001; Requena & Tomás, 2008). En estos dos aspectos básicos de la fisiología poscosecha de la mora, se fundamentan todas las recomendaciones para el manejo adecuado de la mora.

El carácter no climatérico obliga a la cosecha en estados de madurez muy cercanos a lo que requiere el consumidor. Por otra parte, con el conocimiento del efecto de la temperatura y la humedad relativa sobre la calidad y el tiempo de vida útil de la mora, se establecen las recomendaciones para su manejo, tales como el mantenimiento a baja temperatura y la manipulación cuidadosa para evitar causar daños mecánicos que aceleren el proceso de respiración.

Factores precosecha que inciden en la cosecha

La calidad y pérdida de fruta al momento de la cosecha dependen en gran parte del manejo que se le ha dado al cultivo, y de la manera en que es cosechada y manipulada la fruta hasta la entrega al consumidor. Durante el cultivo, cada decisión tomada, desde el mismo momento de la selección del material a sembrar, incide en la calidad y pérdidas poscosecha.

La calidad del material de propagación determina en gran parte la aceptación que tendrá esta fruta en el mercado. Se deben buscar materiales que ofrezcan características de alto contenido de sólidos solubles o azúcares y baja acidez, y que sean de consistencia firme. Esta última condición también ayuda a que la fruta sea más resistente a manipulación y por ende presente mayores tiempos de vida útil. También se deben buscar materiales que presenten algún grado de tolerancia a las principales enfermedades de estos cultivos, con el fin de reducir pérdidas por agentes biológicos. Si a esto se le suman materiales con una alta productividad, se tendrán buenos resultados al momento de la cosecha y comercialización de la fruta. Otros aspectos como la presencia o no de espinas se deben analizar cuidadosamente pues, aunque la ausencia de espinas facilita la cosecha, es importante conocer la aceptación que estos materiales puedan tener en el mercado.

La densidad de siembra es otro aspecto clave a tener en cuenta al establecer el cultivo, ya que puede afectar la calidad de la fruta. Aunque altas densidades son asociadas a alta producción o rendimiento por hectárea, es importante analizar otras consecuencias de esta decisión. Altas densidades de siembra implican cortas distancias entre surcos y entre plantas, al crecer las plantas las calles se cierran y es muy difícil el tránsito en el cultivo, por lo cual las labores culturales como la fertilización, las podas, el control de plagas y las enfermedades se complican. De hecho, estos cultivos tan cerrados limitan en un alto grado la aireación y la entrada de luz a la planta. La falta de aireación crea focos de humedad que pueden favorecer el desarrollo de enfermedades y plagas, con las consecuentes pérdidas de frutos. Por su parte, la entrada limitada de luz genera una amplia variabilidad en las características de los frutos, no solo en tamaño sino también en color.

Con una alta densidad se puede llegar a tener mayor número de frutos por unidad de área, pero no se garantiza que se trate de frutos grandes y homogéneos. Esto también puede repercutir en la calidad y precio pagado al momento de la cosecha, pues el mercado prefiere frutos grandes y homogéneos a frutos pequeños. El movimiento

por calles muy cerradas puede ocasionar daños a la planta, además que el campo visual del operario o recolector se ve reducido, por lo que la eficiencia de la cosecha se reduce. La calidad de los frutos cosechados también se ve afectada, pues el operario no puede hacer una inspección precisa del fruto de manera tal que le permita cosechar aquellos que presenten las características requeridas; por lo anterior, se recomienda utilizar distancias de siembra amplias como 3×3 m o $3 \times 2,5$ m (figura 7.1).



Foto: Germán Franco

Figura 7.1. Distancia de siembra amplia para facilitar las labores culturales y la cosecha y para favorecer la homogeneidad y calidad de la mora.

La poda es otra de las prácticas que influye en la calidad de la fruta, pues cuando la planta no ha sido podada o no se le ha realizado esta práctica de manera correcta, los frutos pueden ser pequeños y poco homogéneos, o puede que la planta predomine la producción de ramas y no de frutos. Además, la poda confiere la arquitectura deseable a la planta y contribuye a una fácil inspección de los frutos.

De manera similar, los planes de fertilización también inciden en la calidad de la fruta a cosechar y en su tiempo de vida útil. Plantaciones fertilizadas, de acuerdo con sus requerimientos y análisis de suelos, conducen a frutos con un buen proceso de maduración, firmes y con mayor tiempo de vida útil.

Así mismo, los programas de manejo de plagas y enfermedades juegan un papel decisivo en la calidad de la fruta cosechada, pero en especial en la inocuidad de la misma. Este es uno de los aspectos de mayor importancia en la comercialización y apertura de nuevos mercados de mora con calidad. Los insumos utilizados para el control de plagas y enfermedades deben aplicarse en las dosis y frecuencia recomendada y respetando el tiempo de carencia. De lo contrario, en los frutos cosechados la presencia de residuos químicos sobrepasará los límites permisibles, lo que pone en riesgo la salud del consumidor.

Cosecha

La cosecha es la actividad en la que se consolida todo el trabajo realizado durante el cultivo, por consiguiente, debe ser llevada a cabo de manera planificada para no malograr todos los recursos puestos en la producción. La cosecha es vista por el agricultor como la recolección y alistamiento de la fruta para entregarla al comprador. Sin embargo, desde el punto de vista empresarial, de acuerdo con Antía y Torres (1998), es la etapa en que el agricultor proyecta, establece, coordina, realiza, verifica y realimenta las labores administrativas, de tal manera que pueda cosechar y mercadear su producto para satisfacer los requisitos del consumidor en cuanto a calidad, cantidad, oportunidad de suministro y precio.

De acuerdo con lo anterior, la cosecha no inicia con el desprendimiento de la fruta de la planta sino con la planificación de esta, para lograr un proceso eficiente y eficaz, es decir, que conlleve al menor porcentaje de pérdidas de fruta y una rápida recolección (Antía & Torres, 1998).

La decisión de cosechar depende del mercado, pues es este quien decide qué se requiere, cómo (grado de madurez, volumen, presentación) y para cuándo. Con esta información el productor revisa el cultivo y determina qué cantidad de fruta presenta las características buscadas por el mercado y, con base en esta información, planifica la cosecha. Además, determina el número de trabajadores, elementos (guantes, canastillas); y junto con el equipo de trabajo prepara las instalaciones de acopio y se acuerda el transporte para evitar que la mora esté expuesta por largos periodos de tiempo a la lluvia, al sol o a fuentes de contaminación (Antía & Torres, 1998).

Los recipientes, utensilios, herramientas y demás elementos en contacto con la mora deben ser lavados y desinfectados. Para el lavado de los recipientes se deben remojar, aplicar detergente, fregar y enjuagar con abundante agua. Para la desinfección es necesario preparar una solución de yodo al 0,3 % (3 cm^3 de yodo por litro de agua), aplicarlo y dejarlo actuar como mínimo 10 minutos, luego enjuagar con abundante agua.

Los puntos de acopio en la finca deben estar ubicados lejos de posibles focos de contaminación, como lugares de disposición de basuras o aguas estancadas, y en un lugar de fácil acceso (Antía & Torres, 1998). Igualmente, deben estar protegidos de la entrada de animales, y contar con buena iluminación y ventilación. Durante la cosecha, este espacio debe ser utilizado exclusivamente para el acopio de la fruta, y no utilizarlo para guardar ropa, herramientas, insumos agroquímicos, basuras u otro elemento o insumo que pueda ser un vector de contaminación de la fruta.

Sumado a lo anterior, es importante que los trabajadores sean instruidos sobre la manera de llevar a cabo la cosecha, las características de la fruta a cosechar y el manejo higiénico y sanitario de la fruta. Esto último hace alusión a las buenas prácticas agrícolas (BPA) como, por ejemplo, el lavado y la desinfección de las manos especialmente cuando el empleado cambie de actividad como después de almorzar, de sonarse, de manipular insumos o elementos extraños, o de hacer uso del sanitario. Además, debe hacerse énfasis en evitar que los trabajadores con heridas abiertas o enfermedades contagiosas estén en contacto con la fruta. Debe recomendarse el uso del uniforme completo (gorro, tapabocas, overol), elementos de protección higiénicos y en el caso de las botas desinfectarlas antes de entrar al lote (Antía & Torres, 1998; García & García, 2001).

Con respecto al grado de madurez y características de la fruta a cosechar, se puede ilustrar a los trabajadores presentándoles moras de referencia o por medio de la carta de color de la NTC 4106 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [Icontec], 1997). Una vez capacitados en las características de la mora a cosechar, se instruyen sobre la manera de desprender el fruto de la planta: se toma el fruto suavemente entre los dedos y, mediante una suave torsión y sujeción, se desprende. Es necesario remover completamente el pedúnculo, porque sus agujones causan heridas a otros frutos; entre mayor sea el estado de maduración, más fácil se desprende el fruto de la planta sin pedúnculo y sin cáliz (Franco & Giraldo, 2001).

Estado de madurez óptimo para la recolección

Como se mencionó previamente, la mora es una fruta no climatérica por lo cual debe ser cosechada en estado de madurez muy cercano al requerido por el mercado, pues una vez cosechada no van a mejorar sus características fisicoquímicas. Para determinar el momento óptimo de recolección (MOR) de la mora y decidir si está lista para cosechar, existen diferentes indicadores de madurez como el porcentaje de maduración de la fruta en el lote, el número de días transcurridos entre la fecundación y el estado de fruto maduro; el contenido de sólidos solubles (°Bx) y acidez titulable. En general, se recomienda utilizar al menos dos indicadores (Antía & Torres, 1998; Franco & Giraldo, 2001).

Por la tipología del productor de mora, hay que ofrecerle índices de cosecha sencillos, como la Norma Técnica Colombiana 4106 (Icontec, 1997), la cual ha favorecido este proceso. Al ofrecer un parámetro único con el cual el vendedor y el comprador se pueden guiar para realizar sus operaciones de negocio, se elimina una cantidad de índices y patrones de calidad que hacían el proceso de cosecha y poscosecha confuso y, la mayoría de las veces, desventajoso para el productor.

El mercado requiere mora en estado de madurez 4 o 5 de acuerdo con la NTC 4106. Por lo tanto, cuando la mora se cosecha en estados de madurez 2, 3 o 6 puede ser rechazada por el mercado o castigado su precio. A pesar de las mejores características organolépticas que presenta la mora en estado de madurez 6 (mayor contenido de sólido soluble y menor acidez), también se hace más blanda y susceptible al deterioro, por lo cual el riesgo de pérdida se incrementa, generando su rechazo en el mercado o el castigo de su precio (García & García, 2001).

El estado de madurez más recomendado para la cosecha de la mora, por el equilibrio entre ácidos y azúcares, tamaño y forma, es el estado de madurez 5 según la tabla de color de la NTC 4106 (figura 7.2) (Ayala, Valenzuela, & Bohórquez, 2013b; Icontec, 1997; Rodríguez, López, & García, 2010).

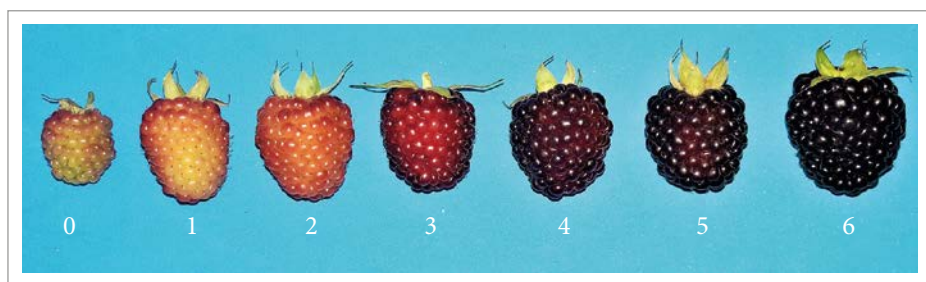


Foto: Jorge Alonso
Bernal Estrada

Figura 7.2. Descripción del color de frutos de mora según su estado de maduración. De acuerdo con Franco y Giraldo (2001): 0. Frutos de color amarillo verdoso, con sus drupillas bien formadas; 1. Predomina el amarillo verdoso con algunas drupillas de color rosado; 2. Se incrementa el área de color rosado; 3. El fruto es de color rojo claro; 4. El rojo del fruto es más intenso; 5. Rojo intenso, con algunas drupillas moradas; 6. Morado oscuro (con base en la tabla de color NTC 4106).

Fuente: Gómez (2004)

La mora es una fruta altamente perecedera y susceptible al daño mecánico, por lo cual la manipulación debe reducirse al máximo; por ello, al momento de la cosecha se deben llevar a cabo las operaciones de selección, clasificación, limpieza y empaque; actividades que hacen parte del acondicionamiento de la fruta.

Para la cosecha se deben usar recipientes pequeños, los cuales no deben tener más de 15 cm de profundidad (figura 7.3), con superficies internas lisas, sin puntas, grietas o cualquier imperfección que pueda causar daño a la mora. En consonancia con la reducción de la manipulación de la fruta es recomendable cosecharla directamente en los recipientes de comercialización.



Foto: Germán Franco

Figura 7.3. Recipiente de poca profundidad para recolección de mora con destino al mercado en fresco.

Este empaque debe ser estructuralmente fuerte, de fácil apilamiento para facilitar el acopio y transporte de la fruta. Debe facilitar la exhibición del fruto, pero protegiéndolo de los procesos fisiológicos de respiración y transpiración que aceleran el deterioro de la fruta (Antía & Torres, 1998; Franco & Giraldo, 2001; Galvis & Herrera, 1995; García, 2012; García & García, 2001; Icontec, 2002; Villamizar, 1994), así como de los factores externos como temperatura y humedad relativa que afectan la calidad de la fruta.

Para facilitar la recolección en los recipientes de comercialización y, de hecho, evitar el contacto de estos recipientes con el suelo, se sugiere hacer uso del carro de transporte de fruta en finca, en el cual se puede cosechar y clasificar la mora directamente en los recipientes plásticos de baja capacidad (125, 250 y 500 g), y ubicarla en las canastillas plásticas correspondientes para su transporte hacia los puntos de acopio. Así la fruta siempre estará protegida de fuentes de contaminación presentes en el suelo o transportados por el viento, y se facilitará su transporte por parte de los trabajadores (figura 7.4).



Foto: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 7.4. Empaques dosificados para comercialización.

Para el mercado industrial, la mora se recolecta en tarros cafeteros (figura 7.5) con capacidad de 10 kg y luego se trasvasa el producto a canastillas, canecas plásticas de diferente tamaño con cierre hermético con capacidad de 25 a 30 kg y de 170 kg (figura 7.6) (Gómez, 2005).



Foto: Germán Franco

Figura 7.5. Recipientes cafeteros para la cosecha de mora.

Foto: Germán Franco

Figura 7.6. Canecas plásticas con cierre hermético de 25-30 kg de capacidad, para la comercialización de la mora a nivel industrial.

La cosecha debe realizarse en las horas más frescas del día y evitar al máximo recogerla cuando esté lloviendo. Pero si no hay alternativa y se debe recoger en días de alta humedad o lluvia, es indispensable acopiar la fruta en lugares cubiertos pero ventilados y en pilas bajas, para facilitar la remoción de la humedad y evitar así el crecimiento de hongos. La mora debe cosecharse dos veces por semana, para garantizar la obtención de frutos homogéneos con las características requeridas por el mercado como ser de consistencia dura, firme, sanos y de color rojo o vinotinto, no morado oscuro ni negro (Franco & Giraldo, 2001; Galvis & Herrera, 1995; García & García, 2001; Villamizar, 1994).

Cuando se recoge una vez por semana se obtiene fruta con una amplia variabilidad de grado de madurez, por lo cual al llegar al mercado el precio es menor al esperado. Además, el tener fruta en estas condiciones dificulta el manejo y comercialización, porque cada grado tiene condiciones específicas de temperatura y humedad para su manejo. Generalmente los frutos verdes transpiran más rápido que los maduros, pero estos últimos son más susceptibles al daño mecánico que los verdes, por lo cual requieren de un proceso más delicado. De otra parte, con lapsos entre recolecciones de siete días los frutos se pueden sobremadurar y caer, lo que se traduce en pérdidas de fruta.

Luego de cosechados los frutos en el lote, para evitar que permanezcan largos periodos expuestos a las condiciones ambientales, inmediatamente se deben llevar a los sitios de acopio transitorio en la finca, exclusivos para el almacenamiento del fruto, con el fin de protegerlos de peligros de contaminación, animales, polvo, basuras y de la radiación solar directa. Los frutos y los recipientes de cosecha no se deben colocar sobre el suelo, hay que protegerlos del viento, la lluvia y evitar someterlos a largos periodos de almacenamiento; se debe descartar la fruta que se encuentre en el suelo, y la enferma y dañada se cosecha al día siguiente (Antía & Torres, 1998; García & García, 2001).

Una dificultad en la cosecha de mora es el carácter espinoso de la mayoría de los materiales cultivados y la presencia en los racimos de frutos en diferentes estados de maduración, por lo cual un recolector debe pasar por un mismo racimo hasta tres veces para cosecharlo completamente. Esto exige, además, un excelente manejo de la poda para poder realizar fácilmente la cosecha, y una rigurosa planeación de esta actividad para la programación de las recolecciones en un mismo lote.

Independientemente del tipo de material de siembra utilizado (estacas o acodos) las primeras recolecciones de fruta se realizan entre los siete y nueve meses después de la siembra en campo; las plantas entran en plena producción después de los 15 meses. Cultivos sembrados con material *in vitro* presentan una diferencia de unos tres meses con respecto al inicio de la producción. Un cultivo bien manejado puede sobrepasar una producción de 25 t/ha/año.

Para la programación de la cosecha es importante conocer las etapas de desarrollo del fruto de mora pues estas varían en tiempo, según la zona y las condiciones predominantes del clima. Para Colombia, en general estos periodos se relacionan en la tabla 7.1.

Tabla 7.1. Estados fenológicos del desarrollo del fruto de mora

Estado	Duración (días)
De yema a botón floral	5-6
De inicio de floración a apertura de flor	22-24
De apertura de flor a polinización	2-5
De polinización a formación de fruto	6-8
De formación de fruto a cosecha	40-48
Total	75-91

Fuente: Elaboración propia con base en Castro et al. (1995), Franco y Giraldo (2001), García y García (2001) y Marulanda et al. (2011)

Manejo en poscosecha

La fase de poscosecha es entendida como el periodo entre la cosecha de la fruta y su consumo. Tiene como objetivo mantener las cualidades de los productos para garantizar su calidad organoléptica, nutricional y mejorar la apariencia externa. La mora presenta una tasa respiratoria alta, por lo cual se considera como un fruto altamente perecedero con una vida en poscosecha corta; esta condición exige que, en esta fase de la explotación, el manejo sea lo más rápido posible para evitar el deterioro del producto.

Acondicionamiento

La fase de acondicionamiento del fruto comprende la selección, la limpieza, la clasificación y el empaque. La selección busca retirar todos los frutos con daño o que no cumplen con las características requeridas por el mercado. La limpieza es la actividad mediante la cual se remueven los materiales extraños a la fruta, como por ejemplo hojas, residuos de suelo, tallos, entre otros. La clasificación es la operación que busca separar la mora en grupos de características similares ya sea en grado de madurez, tamaño o calidad. En la gran mayoría de cadenas de frutas y hortalizas estas operaciones poscosecha se realizan generalmente en centros o lugares de acondicionamiento ubicados en la misma finca o en centros comunales, ubicados en las veredas o en las cabeceras municipales. Sin embargo, en el caso de la mora, como se busca reducir al máximo su manipulación, las operaciones de acondicionamiento se deben llevar a cabo al momento de la recolección. Así, antes de cosecharla, el trabajador debe inspeccionar y asegurarse que el fruto no presenta ningún tipo de daño que impida su comercialización, y que además satisface los requerimientos establecidos por el mercado (García & García, 2001).

Una vez que se ha inspeccionado la mora, se debe cosechar y, de acuerdo con la categoría, clasificarla como extra, primera (i) o segunda (ii) (Icontec, 1997), y disponerla cuidadosamente en el recipiente respectivo. Es importante tener en cuenta que no se debe arrojar para evitar causarle daños. Para clasificarla, al momento de la cosecha, es necesario contar con recipientes subdivididos que permitan separar la mora entre categorías o grupos, o utilizar recipientes diferentes para cada categoría. Esta operación precisa de algunos desarrollos, ya sea de los empaques o de herramientas que permitan manejar dos empaques simultáneamente. Para responder a la segunda opción se ha diseñado un sistema de transporte de fruta que además facilita las labores de selección, clasificación y el transporte de la mora dentro de los lotes (figuras 7.7a y 7.7b). Este sistema de transporte puede albergar canastillas plásticas de 10,0 kg de capacidad, que se pueden dividir en tres secciones o pueden contener empaques dosificados de 125, 250 y 500 g que facilitan la clasificación de la mora. Dicho sistema ayuda en la recolección, disminuye la manipulación, el número de trasvases, y da comodidad y libertad de movimiento al recolector (García & García, 2001).



Fotos: Cristina García Muñoz

Figura 7.7. Sistema de transporte en campo para recolección de la fruta. a. Canastillas con empaques dosificados; b. Mora a granel en canastillas ubicadas en el sistema de transporte.

Acopio

Una vez cosechada la fruta, esta tiene que ser transportada a los puntos de acopio para protegerla de los rayos directos del sol, la lluvia, los vectores de contaminación provenientes del suelo, el viento, los animales, entre otros. Por lo tanto, los puntos

de acopio deben contar con paredes, techo, piso o estibas, así como facilitar la ventilación del producto, y estar en perfectas condiciones de aseo. Si los frutos están húmedos o mojados, estos puntos de acopio deben permitir la fácil ventilación para remover la humedad residual, pues si se almacena la fruta húmeda el desarrollo de hongos es inevitable (Antía & Torres, 1998; García & García, 2001).

Transporte

La fruta debe salir de la finca el mismo día de la cosecha, más aún si no se cuenta con cuartos fríos. Por lo tanto, el transporte se programa previamente, teniendo en cuenta la hora en que se tiene prevista la finalización de la cosecha. Con esto se favorece la conservación de la fruta y por lo tanto su entrega en perfectas condiciones (Antía & Torres 1998; García 2012; García & García, 2001).

Los vehículos deben ser cerrados para proteger el producto de la lluvia y el viento, pero tienen que permitir la circulación de aire para remover el calor, producto de los procesos respiratorios, y con ello disminuir los procesos de respiración y transpiración del fruto que conllevan a su rápido deterioro (Antía & Torres 1998; García 2012; García & García, 2001).

La carrocería del vehículo debe estar en perfectas condiciones de limpieza para evitar la contaminación de la fruta. Es recomendable el uso de estibas dentro del transporte para evitar la contaminación de la fruta por la suciedad y vectores de contaminación presentes en el piso, dado que los trabajadores se suben a los carros sin limpiar o desinfectar el calzado. La carga de la fruta debe hacerse de manera contraria al descargue. El apilamiento de las canastillas debe ser tal que permita la aireación por entre las pilas o columnas de fruta, pero sin que exista riesgo de caída de las moras durante el transporte con el consecuente deterioro de las mismas. No se debe transportar la fruta con ningún otro tipo de producto, insumo, herramienta o personal que pueda contaminarla (Antía & Torres 1998; García 2012; García & García, 2001).

Aunque se prefiere el uso de carros refrigerados (figura 7.8), dado que la mora se conserva muy bien a temperaturas cercanas a 1 °C, se sabe que este tipo de vehículos no es tan común en las regiones productoras de mora, por lo cual se recomienda al menos contar con carrocería cubierta con lona de colores claros para evitar la concentración de calor en su interior (figura 7.9). En estos casos, el acarreo del producto debe realizarse después de las 6:00 p. m. o en las primeras horas del día cuando la temperatura es aún baja (Antía & Torres, 1998; García 2012; García & García, 2001).



Foto: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 7.8. Furgón con refrigeración para el transporte de mora.

Foto: Cristina García Muñoz

Figura 7.9. Camión con carpa de color claro.

Empaque

Un sistema de empaque es el conjunto de elementos o contenedores rígidos o flexibles que protegen el producto, a los integrantes de la comercialización y al ambiente; además facilitan la trazabilidad del producto, promocionan su venta, mercadeo y consumo. El empaque es fundamental para que el producto llegue al destinatario final en el momento justo y con las expectativas que requiere el consumidor (Villamizar, 2001). El empaque debe ser estructuralmente fuerte para que proteja al producto y soporte el peso cuando se apila, con paredes internas lisas, sin ranuras ni estrías que alberguen patógenos y sin aristas que dañen el fruto; debe ser poco profundo,

máximo 15 cm, con el fin de minimizar los daños causados por la compresión que causa el peso de las frutas para comercialización en fresco, por lo cual el número máximo de capas de mora a ubicar dentro de este debe ser de tres a cinco (Chica, García, & Rojas, 2005). Así mismo, el empaque tiene que facilitar el acopio en pilas estables, para que durante el transporte o almacenamiento no se vayan a caer o se deteriore la fruta. Además, debe facilitar la libre circulación del aire, para remover el calor y humedad que aceleran el deterioro del producto. Los empaques reutilizables que se empleen en estas labores solo deben usarse para la mora (Antía & Torres, 1998; Franco & Giraldo, 2001).

Según el mercado, fresco o agroindustria, se pueden utilizar diferentes empaques. Para el mercado en fresco se recomienda el uso de canastillas plásticas de 7 kg de capacidad y con altura máxima de fruta de 10 cm, para evitar el daño por compresión de la fruta que queda ubicada en la base del mismo. Para mercados de mayor valor agregado se recomienda el uso de cajas plásticas de polietileno tereftalato (PET) de 125, 250 o 500 g; las superficies internas lisas, la adecuada ventilación que presentan estos empaques y su capacidad, favorecen la conservación de la fruta y por lo tanto los hacen recomendables para la comercialización en este tipo de mercados. Para la comercialización en el mercado industrial se usan canecas plásticas con capacidad de 20, 25 y de 170 kg; en estos recipientes la mora no conserva su integridad, pero sí la calidad que exige la industria. Para el mercado de exportación se permite el uso de empaque primario y secundario, además, el producto se debe presentar en empaques dosificados con perforaciones y otras especificaciones acordadas con el importador (Antía & Torres, 1998; Franco & Giraldo, 2001; Gómez, 2005; Icontec, 2002; Peñuela et al., 2004).

La Norma Técnica Colombiana 5141 de Icontec (2002) da las recomendaciones sobre el empaque para mora, y establece los requisitos que debe cumplir este para recolección y comercialización. La norma no recomienda el uso de recipientes de cosecha por las características del producto, por lo cual se debe recolectar directamente en el empaque de comercialización. Para el mercado nacional el empaque primario debe ser plástico y el secundario de madera o cartón.

Almacenamiento

El almacenamiento es una operación que busca prolongar la vida útil de la fruta, para lo cual esta se debe someter a condiciones adecuadas de temperatura y humedad relativa, y estar protegida de diferentes causas de daño. Como en la mayoría de

las fincas dedicadas al cultivo de la mora no se dispone de cuarto frío, se sugiere entregar el producto el mismo día de la recolección, de no ser posible, la fruta se debe almacenar en un local o cobertizo techado, protegido por malla, piso de cemento, ventilado, limpio y con estibas; las pilas deben estar distanciadas entre sí, para favorecer la ventilación (Antía & Torres, 1998).

En la tabla 7.2 se listan recomendaciones para el almacenamiento de mora, las cuales pueden ser utilizadas según las condiciones particulares de los cultivos.

Tabla 7.2. Recomendaciones para almacenamiento refrigerado de mora

Autor	Temperatura (°C)	HR (%)	Tiempo de almacenamiento (días)	Observaciones
Gallo (1996) citado por Orozco (2001)	- 0,5 - 0,0	90 - 95	2 - 3	- 0,7 °C Punto de congelación
Mazo (1998) citado por Orozco (2001)	0,0	90	4 - 10	
Thompson y Barriga (s. f.) citados por Acero y Aparicio (1989)	0,0	85 - 90	7 - 14	
Camacho y Romero (1995)	0,0	-	3	
Giraldo, Agudelo y Franco (1996)	0,0 - 1,0	92	4	Asperjar los frutos con ácido ascórbico al 1 %
García y García (2001)	0,0 - 5,0	85 - 95	-	
Instituto de Investigaciones Tecnológicas (1967) citado por Acero y Aparicio (1989)	1,0	90	15	
Galvis y Herrera (1995)	2,0	80	10	Empaque con 13 % de perforación
Galvis y Herrera (1995)	2,0	80	15	Empaque sin perforación
Antía y Torres (1998)	2,0 - 5,0	80	-	Velocidad del aire 1-3 m s ⁻¹

(Continúa)

(Continuación tabla 7.2)

Autor	Temperatura (°C)	HR (%)	Tiempo de almacenamiento (días)	Observaciones
Cadavid y Peña (1994)	3,0	100	8	Aplicar Nikon PQ. 20 cm ³ L ⁻¹
Ayala, Valenzuela y Bohórquez (2012)	3,0	65 - 85	7	Recubrimientos comestibles a base de Alginato de sodio e iones de calcio en empaques termosellados
Luna (2012)	3,0	90	9	Recubrir con solución de quitosano 1,5 % + Ácido ascórbico 10 %
Ciro, Castaño, Salazar y Maya (1998)	4,0	80	5	
Sora et al. (2006)	4,0	90 - 95	6	Atmósferas modificadas activas 20 % CO ₂ - 10 % O ₂ - 70 % N
Farinango (2010)	4,0	90 - 95	10	Empaque PET (polietileno tereftalato)
García (2012)	5,0		10	
Ramírez (2012)	5,0	85	10	Recubrimiento con gel de sábila
González (2010)	5,0		15	aceite esencial de canela 500 ppm
Instituto de Investigaciones Tecnológicas (1967) citado por Acero y Aparicio (1989)	6,0	90	8	
Instituto de Investigaciones Tecnológicas (1967) citado por Acero y Aparicio (1989)	10,0	90	4	
Rodríguez y Echeverri (1998) citados por Orozco (2001)	16,0 - 20,0	-	1	

Fuente: Elaboración propia

La información precedente muestra recomendaciones que van desde la sola aplicación de frío, hasta métodos más sofisticados en los cuales se recomiendan las atmósferas modificadas y algunos aditivos; el acceso a las diferentes tecnologías dependerá del nivel de asociación que tengan los grupos de productores, por ejemplo algunas cooperativas de cultivadores de mora cuentan con cuartos fríos, donde almacenan hasta por un día la fruta antes de enviarla a los mercados de destino, principalmente la industria. En general, se podría recomendar que los procesos de almacenamiento, por su elevado costo, sean realizados a través de las asociaciones de productores, en cuartos fríos con temperaturas alrededor de los 5 °C y humedad relativa entre 85 % y 90 % por un periodo máximo de un día, como una forma de almacenamiento temporal antes de despachar el producto al mercado de destino.

Enfermedades en poscosecha

Durante las operaciones de poscosecha, almacenamiento y comercialización de la mora, se afecta su estado fisiológico y grado de susceptibilidad al ataque de enfermedades, al sufrir daños como magulladuras y abrasiones que facilitan la entrada de patógenos. También las condiciones ambientales pueden incrementar la susceptibilidad de las frutas al ataque de microorganismos. Las principales fuentes de contaminación de la mora en la poscosecha se originan a partir de los implementos, recipientes de cosecha, bodegas y vehículos utilizados para el transporte. Los patógenos que se encuentran en la poscosecha penetran por heridas en los frutos (que son puerta de entrada a los microorganismos) y por penetración directa del patógeno, proceso que ocurre desde la formación de las flores hasta diferentes estados de desarrollo de la fruta (Botero, Franco, Castaño, & Ramírez, 1999). En general, estos daños pasan desapercibidos por el productor debido a que ellos se manifiestan varios días después de entregada la mora al comercializador.

Las enfermedades que se manifiestan con más frecuencia en la poscosecha de los frutos son en su orden *Botrytis cinerea* Pers. Ex Fr., *Candida* sp., *Geotrichum* sp., *Rhizopus* sp., *Penicillium* sp. y *Fusarium* sp. (Botero et al., 1999).

La sintomatología de Moho gris (*Botrytis* sp. Pers. Ex Fr.) fue descrita en el capítulo V; y la figura 7.10 muestra los síntomas de la enfermedad en poscosecha. El manejo se realiza con la separación de los frutos enfermos de los sanos, el lavado de los empaques (tal como se mencionó en este capítulo) y la desinfección de las bodegas y vitrinas exhibidoras con productos a base de amonio cuaternario, además, se deben retirar constantemente los frutos enfermos de bodegas y vitrinas (Botero et al., 1999).

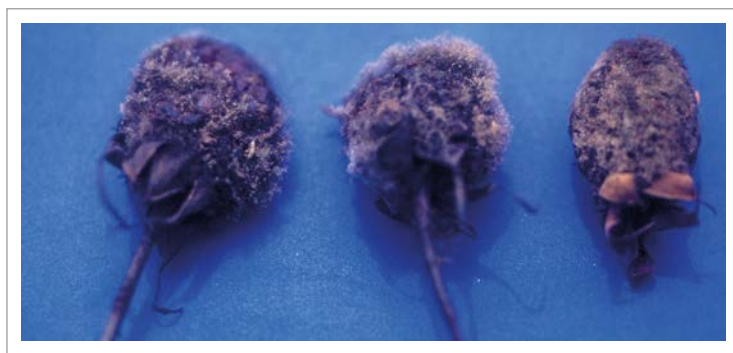


Foto: María José Botero Ospina

Figura 7.10. Moho gris causado por *Botrytis cinerea* en frutos de mora. Los frutos presentan masas grises de conidias sobre su superficie.

En cuanto a la candidiasis, el hongo (*Candida* sp.) ataca los frutos y les ocasiona zonas blandas y húmedas con un micelio grisáceo que crece sobre la superficie (figura 7.11) (Botero et al., 1999). El manejo se realiza como se indicó para *Botrytis*.

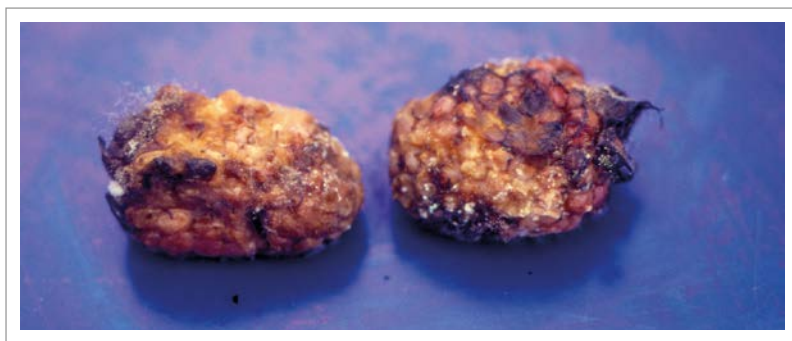


Foto: María José Botero Ospina

Figura 7.11. *Candida* sp. Lesiones blandas y húmedas con desarrollo de micelio grisáceo.

Otra de las enfermedades es la pudrición amarga (*Geotrichum* sp.). Este hongo ataca desde el interior del fruto y posteriormente lo cubre con una capa delgada y húmeda de micelio de color blanco o crema, para luego transformar el fruto en una masa acuosa descompuesta de olor desagradable (figura 7.12) (Botero et al., 1999). Bajo condiciones de atmósferas modificadas, con alta concentración de CO_2 y baja de O_2 , se presentan daños por este hongo. Mientras que el almacenamiento a 0°C inhibe el patógeno, pero los síntomas aparecen cuando la fruta se pasa a condiciones ambientales (Aragón, 1990).

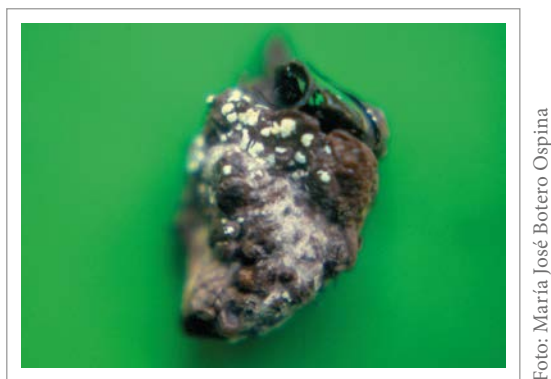


Figura 7.12. Síntomas en fruto de mora causados por pudrición amarga (*Geotrichum* sp.).

El manejo se realiza al cosechar por separado la fruta sana de la enferma, y al evitar la manipulación excesiva de la fruta para no causar heridas que son la puerta de entrada del hongo. Las demás medidas de manejo son iguales a las descritas para *Botrytis*.

En la enfermedad de la pudrición blanda (*Rhizopus* sp.) el hongo se observa por el crecimiento de sus hifas hacia afuera a través de las heridas (figura 7.13). Los frutos enfermos pueden ser fuente de contaminación a través del contacto con los sanos. Inicialmente los tejidos afectados desprenden un aroma ligeramente agradable, pero con el tiempo, bacterias contaminantes hacen que se desprenda un aroma rancio. Es común encontrar el hongo en las paredes de los recipientes que contienen la fruta (Botero et al., 1999). Para el manejo se debe evitar la manipulación excesiva de la fruta para no causar heridas, durante la cosecha es necesario separar los frutos enfermos de los sanos y realizar el lavado de empaques, bodegas y vitrinas como se ha indicado.

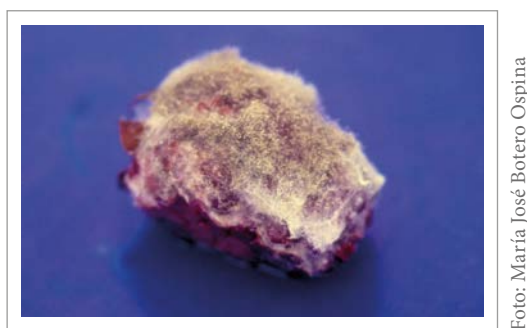


Figura 7.13. Pudrición blanda causada por *Rhizopus* sp. Lesión en mora que muestra esporangios de color gris claro.

Otra enfermedad es el moho verde (*Penicillium* sp.). Inicialmente el hongo se manifiesta en la superficie del fruto con alteraciones vítreas ligeramente pardas, después surgen esporodocios de color blanco grisáceo, con conidióforos blanco grisáceos llenos de esporas verdes pulverulentas (figura 7.14). El hongo solo ataca frutas maduras por lo que se observa únicamente en etapa de poscosecha o en el almacenamiento (Botero et al., 1999). El manejo se enfoca al lavado y desinfección de empaques, bodegas y vitrinas, tal como se ha mencionado, además se deben retirar constantemente los frutos enfermos.

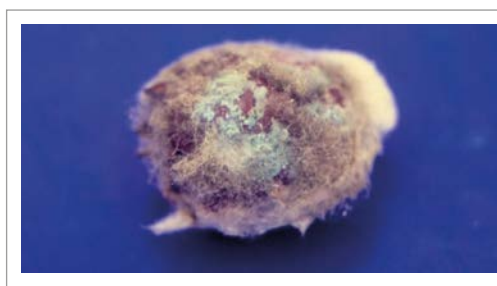


Foto: María José Botero Ospina

Figura 7.14. Moho verde causado por *Penicillium* sp. y fruto de mora que muestra esporulación de color verde.

El moho rosado (*Fusarium* sp.) consiste en un hongo que produce áreas putrefactas que conforme se extienden, toman apariencia húmeda, a menudo se hunden, y sobre la superficie del fruto aparece un crecimiento de color blancuzco (figura 7.15) (Botero et al., 1999). El manejo se basa en el lavado y la desinfección de empaques, bodegas y vitrinas, tal como se ha mencionado, además se deben retirar constantemente los frutos enfermos.



Foto: María José Botero Ospina

Figura 7.15. Moho rosado causado por *Fusarium* sp. y frutos con crecimiento de color blanco que luego se torna rosado.

Composición nutricional y funcional de la mora

Aunque la mora es reconocida por su alto poder antioxidante e importante contenido de minerales y vitaminas, su composición está en función de muchos factores, como el estado de madurez, las condiciones edafoclimáticas del sitio de cultivo y el manejo agronómico (Moreno & Deaquiz, 2016), razón por la cual en la literatura se encuentran reportes nutricionales bastante variados (Tabla 7.3) (Wintón & Holm, citados en Galvis, 2003).

Tabla 7.3. Composición de la mora

Variable	Contenido
% Agua	85,7
% Cenizas	0,5
% Grasa	0,3
% Fibra	0,5
% Proteína	1,0
% Azúcares reductores	2,3
% Azúcares totales	2,5
% Pectina	0,9
Calcio mg/100 g	22 - 42
Fósforo mg/100g	73,7
Hierro mg/100g	5,7

Fuente: Adaptado de Carmona et al. (1996), Garzón y Gómez (2015), Luna (2012), Mejía (2016) y Ruiz y Sepúlveda (2016)

La tabla 7.4 muestra el contenido de sólidos solubles, la acidez y el pH en función del grado de madurez; en la primera fila, de acuerdo con la Norma Técnica Colombiana 4109, en la segunda y tercera fila, de acuerdo con diferentes estudios.

Tabla 7.4. Características químicas en frutos de mora para diferentes grados de madurez

Factor	NTC 4106			Tena, Cundinamarca*			Cañón del Combeima**		
	GM4	GM5	GM6	GM4	GM5	GM6	GM4	GM5	GM6
Sólidos solubles totales (SST)	6,7	7,2	7,7	7,07	7,2	7,5	6,93	7,92	8,0
Acidez total titulable (ATT)	3,1	2,8	2,5	3,11	1,86	1,48	3,23	2,83	2,25
Índice de madurez (SST/ATT)	2,2	2,6	3,1	2,3	3,9	5,1	2,15	2,80	3,57

*Tena, Cundinamarca (García & García, 2001), **Cañón del Combeima (Ayala, Valenzuela, & Bohórquez, 2013a)
Fuente: Icontec (1997).

Según la tabla 7.4, los valores para proteína, grasa, fibra, calcio, fósforo y hierro son bajos, y no representan un aporte significativo en una dieta normal. Sin embargo, comparada con las demás *berries* presenta un contenido alto de minerales, especialmente de calcio, magnesio, hierro, fósforo, zinc, potasio y sodio (Nile & Park, 2014). En cuanto al contenido de sólidos solubles, acidez e índice de madurez se observan diferencias importantes dependiendo del lugar de origen de la mora. La NTC 4106 (Icontec, 1997), que es de ámbito nacional, reporta valores bajos de sólidos solubles y altos de acidez al compararlos con otras regiones, donde se encontraron valores más altos de sólidos solubles y menores de acidez, lo cual conduce a índices de madurez más altos. El contenido de pectina es medio. La mora es rica en vitamina C, la cual varía entre 103 y 577 mg/100 g en base seca (Amores, 2011; Cabezas, 2008); aunque Sánchez (2012) reportó valores por debajo de los 70 mg para estados de madurez 5, donde se alcanzó la mayor acumulación de vitamina C; mientras que Bernal (2012) reportó valores menores a los 3 mg en estados de madurez avanzados. Por lo tanto, las técnicas de análisis también deben revisarse para asegurar que se obtienen valores comparables.

El contenido de fenoles resulta de gran importancia, ya que estos han sido asociados con actividad antioxidante al proteger contra las acciones dañinas de las especies reactivas del oxígeno (Joh, 2014). El contenido de estos compuestos en el fruto es afectado por una gran cantidad de factores, tanto genéticos como ambientales (grado de radiación solar, temperatura media, localización geográfica, composición del suelo), además del estado de madurez, condiciones de almacenamiento, presencia de enfermedades, entre otros factores. Estos compuestos confieren a la fruta y sus productos derivados un sabor astringente y amargo. Sánchez (2012) encontró que el

contenido de fenoles totales es más alto en los estados de madurez 3 y 4, (NTC 4106) con valores de 383 ± 44 y 349 ± 20 mg ácido gálico por 100 g de fruta fresca; Bernal (2012) indica valores de 268 mg/100 g. A su vez, Llerena (2014) informa de valores alrededor de 6.000 mg de ácido gálico en 100 g de fruta en base seca; Acosta et al. (2010), de 3500 mg ácido gálico por cada 100 g de fruta fresca, muy cercanos a los reportados por Rojas-Llanes, Martínez y Stashenko (2014), quienes encontraron valores del orden de los 3.000 mg ácido gálico por cada 100 g de fruta en base seca.

El color es debido principalmente a las antocianinas, compuestos que se sintetizan en el proceso de la maduración y que se almacenan en las vacuolas de las células (Bernal, Melo, & Díaz, 2014b; Castañeda-Ovando, Pacheco-Hernández, Páez-Hernández, Rodríguez, & Galán-Vidal, 2009; Jean-Hugues & Gould 2009; Joh, 2014; Martínez-Flórez, González-Gallego, Culebras & Tuñón, 2002; Santacruz, 2011). Los elagitaninos y las antocianinas son los principales tipos de polifenoles presentes en la mora (García & Vaillant, 2014). De acuerdo con Mertz et al. (2007), el contenido de antocianinas de la mora está alrededor de 1.000 mg por cada 100 gramos de materia seca; Bernal (2012) reporta valores de antocianinas de alrededor de 25 mg/100 g de fruta; Llerena (2014) afirma que la mora alcanza contenidos de antocianina de alrededor de 1400 mg de cloruro de cianidina-3 glucósido por cada 100 g de fruta en base seca y Acosta et al. (2010), de 520 mg de cianidina/100 g de fruta en base seca. Durante la maduración el contenido de antocianinas aumenta, mientras que el contenido de elagitaninos disminuye, y dado que estos se encuentran en mayor concentración que los primeros, el efecto neto es de reducción de los fenoles totales con la maduración (Acosta et al., 2010).

El poder antioxidante de la mora está dado por el contenido de compuestos fenólicos y de vitamina C, pero debido a las amplias diferencias encontradas por la investigación en el contenido de estos compuestos es difícil llegar a establecer un valor o rango que sirva de indicador.

La mora presenta una riqueza en compuestos funcionales que está por encima de muchas otras frutas (Vasco, Ruales, & Kamal-Eldin, 2008), condición que debe ser explorada y aprovechada por el país, pues las nuevas tendencias mundiales en el consumo de alimentos apuntan hacia el uso de productos con propiedades benéficas para la salud, más allá de los componentes nutricionales (Araya, Clavijo, & Herrera, 2006; Asociación Hortifrutícola de Colombia [Asohofrucol], 2010; Fereidoon, 2009; Tomás, 2010; Vasconcellos, 2000).

Así mismo, la fruta es una fuente rica en elagitaninos, su contenido es del orden de los 3.000 mg por 100 g de materia seca (Mertz et al., 2007). Estos compuestos han sido asociados con diferentes beneficios para la salud como en la lucha contra el desarrollo de enfermedades degenerativas, entre las cuales están el cáncer de colón, mama, próstata y enfermedades cardiovasculares principalmente. Sin embargo, estas sustancias no son absorbidas de manera directa, sino que son metabolizadas parcialmente en la parte superior del tracto gastrointestinal para liberar ácido elágico, el cual, junto con los elagitaninos son degradados por la microbiota intestinal para liberar unos metabolitos conocidos como urolitinas, las cuales son las que ejercen los efectos benéficos sobre la salud (Azofeifa, Quesada, Pérez, Vaillant, & Michel, 2013; Bernal, 2012; Bernal et al., 2014b; Bialonska, Kasimsetty, Khan, & Ferreira, 2009; Cerdá, Espín, Parra, Martínez, & Tomás, 2004; Cerón, Higueta, & Cardona, 2010; Contreras, Calderón, Guerra, & García, 2011; Delgado, Betanzos, & Sumaya, 2010; García, Hernández, Pérez, & Vaillant, 2014; García & Vaillant, 2014; Garzón, Rield, & Schwartz, 2009; Giménez-Bastida et al., 2012; González et al., 2010; Heber, 2008; Larrosa, García-Conesa, Espín, & Tomás-Barberán, 2010; Llerena, 2014; Martínez-Cruz et al., 2011; Mertz et al., 2009; Osorio et al., 2012; Rodríguez et al., 2010; Rojas-Llanes et al., 2014; Sánchez, 2012; Sharma et al., 2010; Shukitt-Hale, Cheng, & Joseph, 2009; Shukitt-Hale, Lau, & Joseph, 2008; Soto, Pérez, & Acosta, 2011; Stoner & Seeram, 2009; Tavares et al., 2012; Vasco, Riihinen, Ruales, & Kamal-Eldin, 2009; Zapata, Piedrahita, & Rojano, 2014).

El aroma de la mora evoluciona durante la maduración de los frutos, debido a cambios en el contenido de azúcares y de algunos ácidos orgánicos que dan origen a volátiles característicos que le confieren el aroma (Bernal et al., 2014a).

La composición del aceite de las semillas de la mora es importante debido a que este es mayoritariamente poliinsaturado y contiene ácido linoleico, esencial para el ser humano, con un contenido de ácido poliinsaturado entre 59 % - 66 %, y de ácido linolénico con 9 % - 18 %; además, por el contenido de lípidos la semilla de mora puede ser usada industrialmente como fuente de este nutriente. Los compuestos bioactivos presentes en el aceite de la semilla de mora contienen tocoferoles y fitoesteroles, en cantidades importantes, por lo que se considera una buena fuente de compuestos bioactivos (Acosta, Rojas, & Rincón, 2014; Manríquez, 2008; Soto, Pérez, Thompson, & Vaillant, 2013).

Por lo tanto, la mora tiene un enorme potencial para posicionarse en el mercado internacional como una “superfruta”, como en su momento fue conocida la granada real (*Punica granatum* L.); sin embargo, las tendencias del mercado apuntan no solo al consumo de alimentos funcionales sino también orgánicos (Falguera, Aliguer, &

Falguera, 2012), por lo cual se requiere de un compromiso de todos los integrantes de la cadena para lograr el posicionamiento de la mora de Colombia en estos importantes mercados de alto valor.

Referencias

- Acero, J., & Aparicio, L. E. (1989). *Caracterización y estudio de maduración post-cosecha en atmósfera confinada (CO₂) para la mora de Castilla (Rubus glaucus)* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Acosta, D., Rojas, M., & Rincón, J. (2014). Extracción y caracterización fisicoquímica del aceite fijos de semillas de *Rubus glaucus* (Mora de Castilla). En *Memorias del XII Congreso Colombiano de Fitoquímica*. Cartagena, Colombia: Universidad de Cartagena.
- Acosta, O., Vaillant, F., Cozzano, S., Mertz, C., Pérez, A., & Castro, M. (2010). Phenolic content and antioxidant capacity of tropical highland blackberry (*Rubus adenotrichus* Schltdl.) during three edible maturity stages. *Food Chemistry*, 119(4), 1497-1501.
- Amores, D. (2011). *Evaluación nutritiva y nutracéutica de la mora de Castilla (Rubus glaucus) deshidratada por el método de liofilización y comparación con la obtenida por deshidratación en microondas y secador en bandejas* (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- Antía, G., & Torres, J. (1998). *Manejo poscosecha y comercialización de mora* (Serie de paquetes de capacitación sobre manejo en poscosecha de frutas y hortalizas N.º 12). Santafé de Bogotá, Colombia: Natural Resources Institute, Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA).
- Aragón, N. (1990). Problemas fitopatológicos durante poscosecha. En *Memorias del Simposio Nacional de Fisiología y Tecnología Postcosecha de Productos Hortícolas en México*. Sonora, México: Centro de investigaciones en alimentación y desarrollo.
- Araya, H., Clavijo, C., & Herrera, C. (2006). Capacidad antioxidante de frutas y verduras cultivadas en Chile. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 56(4), 361-365.
- Asociación Hortifrutícola de Colombia (Asohofrucol). (2010). Se alista campaña para aumentar consumo de frutas y hortalizas. *Frutas y hortalizas*, 14, 10-12.
- Ayala, L., Valenzuela, C., & Bohórquez, Y. (2012). Efecto de un recubrimiento comestible a base de alginato de sodio y iones de calcio sobre la calidad de mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth.). *Vitae*, 19(1), 129-131.

- Ayala, L., Valenzuela, C., & Bohórquez, Y. (2013a). Caracterización fisicoquímica de mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth.) en seis estados de madurez. *Biotechnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 11(2), 10-18.
- Ayala, L., Valenzuela, C., & Bohórquez, Y. (2013b). Variables determinantes de la madurez comercial en la mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth.). *Scientia Agroalimentaria*, 1, 39-44.
- Azofeifa, G., Quesada, S., Pérez, A., Vaillant, F., & Michel, A. (2013). Efecto hipoglicemiante, hipolipidémica y antioxidante del consumo de jugo de mora en un modelo de ratas diabéticas. En *Memorias del XXII Congreso de la Sociedad Italo-Latinoamericana de Etnomedicina*. Punta Arenas, Costa Rica: Sociedad Italo-Latinoamericana de Etnomedicina.
- Bernal, L. (2012). *Evaluación de las propiedades bioactivas de mora (Rubus glaucus) y Agraz (Vaccinium meridionale Swartz), en fresco y durante procesos de transformación* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.
- Bernal, L., Melo, L., & Díaz, C. (2014a). Evaluación del perfil aromático y propiedades antioxidantes durante la maduración de frutos de mora (*Rubus glaucus* Benth.). *Acta Horticulturae*, 1016, 39-45.
- Bernal, L., Melo, L., & Díaz, C. (2014b). Evaluación de las propiedades antioxidantes y el perfil aromático durante la maduración de mora (*Rubus glaucus* Benth.) y agraz (*Vaccinium meridionale* Swartz). *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 67(1), 7209-7218.
- Bialonska, D., Kasimsetty, S., Khan, S., & Ferreira, D. (2009). Urolithins, intestinal microbial metabolites of pomegranate ellagitannins, exhibit potent antioxidant activity in a Cell-Based Assay. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(21), 10181-10186.
- Botero, M., Franco, G., Castaño, J., & Ramírez, M. (1999). *Principales enfermedades en postcosecha asociadas a cultivos de lulo, manzano, mora y tomate de árbol*. Manizales, Colombia: Universidad de Caldas, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA).
- Cabezas, M. (2008). *Evaluación nutritiva y nutraceutica de la mora de Castilla (Rubus glaucus) deshidratada a tres temperaturas por el método de secado en bandejas* (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- Cadavid, G. P., & Peña, G. E. (1994). *Tratamiento químico para la conservación de mora bajo refrigeración y al medio ambiente (Rubus glaucus)* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.

- Camacho, G., & Romero, G. (1995). *Obtención y conservación de pulpas de mora, guanábana, lulo y mango*. Bogotá, Colombia: Instituto de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de Colombia.
- Carmona, J., Aguirre, G., Echeverri, M., Giraldo, J., Gutiérrez, A., Tovar, W., & Varón, S. (1996). Caracterización fisicoquímica de seis materiales de mora (*Rubus glaucus*) producidas en la ciudad de Manizales. En *Memorias del I Seminario Frutales de Clima Frío Moderado*. Manizales, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Castañeda-Ovando, A., Pacheco-Hernández, M. L., Páez-Hernández, M. E., Rodríguez, J. A., & Galán-Vidal, C. A. (2009). Chemical studies of anthocyanins: A review. *Food Chemistry*, 113(4): 859-871.
- Castro, D., Hernández, M., & Monsalve, L. (1995). *Determinación de los períodos de desarrollo productivo del fruto de la mora de Castilla (Rubus glaucus Benth.) en plantas producidas por acodos de plantas propagadas in vitro y plantas propagadas por acodos tradicionales*. Antioquia, Colombia: Universidad Católica de Oriente.
- Cerdá, B., Espín, J., Parra, S., Martínez, P., & Tomás, F. (2004). The potent in vitro antioxidant ellagitannins from pomegranate juice are metabolised into bioavailable but poor antioxidant hydroxy-6H-dibenzopyran-6-one derivatives by the colonic microflora of healthy humans. *European Journal of Nutrition*, 43(4), 205-220.
- Cerón, I., Higueta, J., & Cardona, C. (2010). Capacidad antioxidante y contenido fenólico total de tres frutas cultivadas en la región andina. *Vector*, 5, 17-26.
- Chica, M., García, R., & Rojas, J. (2005). Caracterización físico-mecánica de las frutas frescas. En J. Rojas, A. Peñuela, M. Chaparro, C. Gómez, G. Aristizábal, & J. López (Eds.), *Caracterización y normalización de los recipientes de cosecha y empaques de comercialización de frutas en Colombia*. Chinchiná, Caldas, Colombia: Centro Nacional de Investigación del Café (Cenicafé).
- Ciro, P., Castaño, E., Salazar, H., & Maya, M. (1998). Caracterización organoléptica y fisicoquímica de materiales de mora (*Rubus glaucus* Benth.), como fruta fresca y subproducto en Caldas, Risaralda y Quindío. En *Memorias del II Seminario de Frutales de Clima Frío Moderado*. Manizales, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Contreras, J., Calderón, L., Guerra, E., & García, B. (2011). Antioxidant capacity, phenolic content and vitamin C in pulp, peel and seed from 24 exotic fruits from Colombia. *Food Research International*, 44(7), 2047-2053.

- Delgado, L., Betanzos, G., & Sumaya, M. (2010). Importancia de los antioxidantes dietarios en la disminución del estrés oxidativo. *Investigación y Ciencia*, 18(50), 10-15.
- Falguera, V., Aliguer, N., & Falguera, M. (2012). An integrated approach to current trends in food consumption: Moving toward functional and organic products? *Food Control*, 26(2), 274-281.
- Farinango, M. (2010). *Estudio de la fisiología postcosecha de la mora de Castilla (Rubus glaucus Benth.) y de la mora variedad Brazos (Rubus sp.)* (Tesis de pregrado). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
- Fereidoon, S. (2009). *Functional Foods* (IUFoST Scientific Information Bulletin). Toronto, Canadá: International union of food science & technology (IUFoST).
- Franco, G., & Giraldo, M. (2001). *El cultivo de la mora*. Manizales, Colombia: Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.
- Galvis, B. (2003). *Estudio de la durabilidad de la pulpa de mora de Castilla y mora San Antonio (Rubus glaucus)* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Colombia, Manizales, Colombia.
- Galvis, J., & Herrera, A. (1995). *La mora. Manejo poscosecha*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA).
- García, C. (2012). *Elaboración de un paquete tecnológico para productores, en manejo cosecha y poscosecha de mora (Rubus glaucus Benth.) aplicando ingeniería de calidad y determinación de las características nutraceuticas de la fruta en precosecha, en el municipio de Silvania - Cundinamarca* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- García, C., & García, H. (2001). *Manejo cosecha y postcosecha de mora, lulo y tomate de árbol*. Bogotá, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- García, C., Hernández, L., Pérez, A., & Vaillant, F. (2014). Diversity of urinary excretion patterns of main ellagitannins' colonic metabolites after ingestion of tropical highland blackberry (*Rubus adenotrichus*) juice. *Food Research International*, 55, 161-169.
- García, C., & Vaillant, F. (2014). Metabolic fate of ellagitannins: implications for health, and research perspectives for innovative functional foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 54(12), 1584-1598.
- Garzón, G., Riedl, K., & Schwartz, S. (2009). Determination of anthocyanins, total phenolic content and antioxidant activity in Andes Berry (*Rubus glaucus* Benth.). *Journal of Food Science*, 74(3), 227-232.

- Garzón, L., & Gómez, C. (2015). *Caracterización bromatológica y microbiológica de cultivos de la mora de castilla sin espinas (Rubus glaucus Benth.) del corregimiento de La Bella y del municipio de Santa Rosa de Cabal (Risaralda, Colombia)* (Tesis de pregrado). Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia.
- Giménez-Bastida, J., Larrosa, M., González-Sarriás, A., Tomás-Barberán, F., Espín, J., & García-Conesa, M. (2012). Intestinal ellagitannin metabolites ameliorate cytokine-induced inflammation and associated molecular markers in human colon fibroblasts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(36), 8866-8876.
- Giraldo, G., Agudelo, C., & Franco, G. (1996). Conservación por frío de mora de Castilla (*Rubus glaucus*) producida en el Eje Cafetero. En *Memorias del I Seminario de Frutales de Clima Frío Moderado*. Manizales, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Gómez, C. (2004). Mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth.). En J. Rojas, A. Peñuela, C. Gómez, G. Aristizábal, M. Chaparro & A. López (Eds.), *Caracterización de los productos hortifrutícolas colombianos y establecimiento de las normas técnicas de calidad*. Chinchiná, Colombia: Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, Centro Nacional de investigaciones de Café Cenicafé y SENA.
- Gómez, C. (2005). Mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth.). En J. Rojas, A. Peñuela, M. Chaparro, C. Gómez, G. Aristizábal, J. Naranjo, & J. López (Eds.), *Caracterización y normalización de los recipientes de cosecha y empaques de comercialización de frutas en Colombia* (pp. 41-51). Chinchiná, Colombia: Centro Nacional de Investigación del Café (Cenicafé).
- González, M. (2010). *Conservación de mora, uvilla y frutilla mediante la utilización del aceite esencial de canela (Cinnamomum zeynalicum)* (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- González-Sarriás, A., Giménez-Bastida, J., García-Conesa, M., Gómez-Sánchez, M., García-Talavera, N., Gil-Izquierdo, A., ... Espín, J. C. (2010). Occurrence of urolithins, gut microbiota ellagic acid metabolites and proliferation markers expression response in the human prostate gland upon consumption of walnuts and pomegranate juice. *Molecular Nutrition & Food Research*, 54(3), 311-322.
- Heber, D. (2008). Multitargeted therapy of cancer by ellagitannins. *Cancer Letters*, 269(2), 262-268.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (Icontec). (1997). *Norma técnica colombiana, NTC 4106. Frutas frescas. Mora de Castilla. Especificaciones*. Bogotá, Colombia: Icontec.

- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (Icontec). (2002). *Norma técnica colombiana, NTC 5141. Frutas frescas. Mora de Castilla. Especificaciones del empaque*. Bogotá, Colombia: Icontec.
- Jean-Hugues B. H., & Gould, K. (2009). Anthocyanin Function in Vegetative Organs. En K. Gould, K. Davies, & C. Winefield (Eds.), *Anthocyanins Biosynthesis, Functions, and Applications* (pp. 1-19). Nueva York: Springer.
- Joh, Y. (2014). *Antioxidant capacity, phenolic and volatile compound composition of blackberry wines produced using Korean traditional winemaking techniques* (Tesis de doctorado). College of the Oklahoma State University, Oklahoma, Estados Unidos.
- Kader, A. (2007). *Tecnología postcosecha de cultivos hortofrutícolas*. California, Estados Unidos: Universidad de California.
- Larrosa, M., García-Conesa, M., Espín, J., & Tomás-Barberán, F. (2010). Ellagitannins, ellagic acid and vascular health. *Molecular Aspects of Medicine*, 31(6), 513-539.
- Llerena, W. (2014). *Estudio de la relación entre el color y el contenido de antioxidantes de seis frutas tropicales y andinas: Arazá (Eugenia stipitata), Mora (Rubus glaucus) variedad Iniap Andimora 2013, Mortiño (Vaccinium floribundum Kunth), Naranjilla (Solanum quitoense) variedad Iniap Quitoense, Tomate de árbol (Solanum betaceum Cav.) variedad Anaranjado Gigante y Uvilla (Physalis peruviana L.) variedad Golden Keniana* (Tesis de doctorado). Universidad de Ambato, Ambato, Ecuador.
- Luna, Y. (2012). *Obtención de quitosano a partir de quitina para su empleo en conservación de frutillas y moras* (Tesis de pregrado). Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Manríquez, C. (2008). *Análisis proximal de semillas no comunes: palma chilena (Jubaea chilensis), cilantro (Coriandrum sativum), mora (Rubus glaucus), rosa mosqueta (Rosa aff. rubiginosa) y caracterización de su aceite* (Tesis de pregrado). Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile.
- Martínez-Cruz, N., Arévalo-Niño, K., Verde-Star, J., Rivas-Morales, C., Oranday-Cárdenas, A., Núñez-González, M., & Morales-Rubio, E. (2011). Antocianinas y actividad antirradicales libres de *Rubus adenotrichus* Schltdl (zarzamora). *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 42(4), 66-71.
- Martínez-Flores, S., González-Gallego, L., Culebras, J., & Tuñón, M. (2002). Los flavonoides: propiedades y acciones antioxidantes. *Nutrición Hospitalaria*, 17(6), 271-278.

- Marulanda, M., López, A., & López, J. (2011). Caracterización genética, morfológica y agronómica de *R. glaucus* sin aguijones de la zona cafetera. En M. Marulanda, A. López, J. Arias & J. López (Eds.), *Biodiversidad y biotecnología en la evaluación y selección de cultivares promisorios de mora de Castilla* (pp. 39-68). Pereira, Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira.
- Mejía, S. (2016). *Caracterización bromatológica de los frutos y evaluación de fertilidad de los suelos del cultivo de (Rubus glaucus Benth.) mora de Castilla sin espinas de fincas productoras del municipio de Belén de Umbría (Risaralda, Colombia)* (Tesis de pregrado). Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia.
- Mertz, C., Cheynier, V., Günata, Z., & Brat, P. (2007). Analysis of phenolic compounds in two blackberry species (*Rubus glaucus* and *Rubus adenotrichus*) by high-performance liquid chromatography with diode array detection and electrospray ion trap mass spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(21), 8616-8624.
- Mertz, C., Gancel, A., Gunata, Z., Alter, P., Dhuique, C., Vaillant, F., ... Brat, P. (2009). Phenolic compounds, carotenoids and antioxidant activity of three tropical fruits. *Journal Of Food Composition And Analysis*, 22(5), 381-387.
- Moreno, B., & Deaquiz, Y. (2016). Caracterización de parámetros fisicoquímicos en frutos de mora (*Rubus alpinus* Macfad). *Acta Agronómica*, 65(2), 130-136.
- Nile, S., & Park, S. (2014). Edible berries: bioactive components and their effect on human health. *Nutrition*, 30(2), 134-144.
- Orozco, G. B. (2001). *Conservación de la mora de Castilla (Rubus glaucus Benth.) en atmósfera modificada* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.
- Osorio, C., Hurtado, N., Dawid, C., Hofmann, T., Heredia, F., & Morales, L. (2012). Chemical characterisation of anthocyanins in tamarillo (*Solanum betaceum* Cav.) and Andes berry (*Rubus glaucus* Benth.) fruits. *Food Chemistry*, 132(4), 1915-1921.
- Peñuela, A., Rojas, J., Gómez, C., Chaparro, M., Aristizábal, G., Naranjo, J., & López J. (2004). Caracterización y normalización del empaque para lulo de Castilla (*Solanum quitoense* L.), mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth.) y uchuva (*Physalis peruviana* L.). En *Memorias del V Seminario Nacional e Internacional de Frutales: Tecnología para la Transformación de Frutas*. Manizales, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, Centro de Desarrollo Tecnológico de Frutales, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), Corporación para el Desarrollo de Caldas, Universidad de Caldas, Universidad del Quindío, Asociación Hortícola de Colombia, Fondo Nacional de Fomento Hortofrutícola.

- Ramírez, J. D. (2012). *Conservación de mora de castilla (Rubus glaucus Benth.) mediante la aplicación de un recubrimiento comestible de gel de mucílago de penca de sábila (Aloe barbadensis Miller)* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.
- Requena, A., & Tomás, L. (2008). *Triadas. Nuevas lecturas en ciencia y tecnología*. La Coruña, España: Netbiblo, S. L.
- Rodríguez, L., López, L., & García, M. (2010). Determinación de la composición química y actividad antioxidante en distintos estados de madurez de frutas de consumo habitual en Colombia, mora (*Rubus glaucus* B.), maracuyá (*Passiflora edulis* S.), guayaba (*Psidium guajava* L.) y papayuela (*Carica cundinamarcensis* J.). *Alimentos Hoy*, 19(21), 16-34.
- Rojas-Llanes, J., Martínez, J., & Stashenko, E. (2014). Contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de extractos de mora (*Rubus glaucus* Benth.) obtenidos bajo diferentes condiciones. *Vitae*, 21(3), 218-227.
- Ruiz, L., & Sepúlveda, O., (2016). *Análisis nutricional y nutraceutico de frutos de Rubus glaucus Benth. (mora de Castilla) material sin espinas cultivado en Apía Risaralda* (Tesis de pregrado). Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia.
- Sánchez, D. (2012). *Estudio del potencial antioxidante de la mora (Rubus glaucus Benth.) y sus cambios en función del proceso de maduración y bajo diferentes temperaturas de almacenamiento* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá Colombia. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/10581/#sthash.DoJ9JTWu.dpuf>
- Santacruz, L. (2011). *Análisis químico de antocianinas en frutos silvestres colombianos* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Sharma, M., Li, L., Cerver, J., Killian, C., Koor, A., & Seeram, P. (2010). Effects of fruit ellagitannin extracts, ellagic acid, and their colonic metabolite, urolithin A, on Wnt signaling. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(7), 3965-3969.
- Shukitt-Hale, B., Cheng, V., & Joseph, J. (2009). Effects of blackberries on motor and cognitive function in aged rats. *Nutritional Neuroscience*, 12(3), 135-140.
- Shukitt-Hale, B., Lau, F., & Joseph, J. (2008). Berry fruit supplementation and the aging brain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(3), 636-641.
- Sora, A., Fischer, G., & Flórez, R. (2006). Almacenamiento refrigerado de frutos de mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth.) en empaques con atmósfera modificada. *Agromía Colombiana*, 24(2), 306-316.

- Soto, M., Pérez, A., & Acosta, O. (2011). *La mora: una fruta pequeña beneficiosa para la salud*. San José, Mercedes, Costa Rica: Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos (CITA). Recuperado de <https://conectarural.org/sitio/sites/default/files/documentos/Articulo%20de%20mora,%20Alimentica,%2025oct10.pdf>
- Soto, M., Pérez, A., Thompson, E., & Vaillant, F. (2013). Valorización del subproducto industrial de mora para la obtención de ingredientes alimenticios con propiedades funcionales. En *Memorias del XXII Congreso de la Sociedad Italo Latinoamericana de Etnomedicina “Hernán Arguedas Soto”*. Puntarenas, Costa Rica: Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos (CITA).
- Stoner, G., & Seeram, N. (2009). *Berries and cancer prevention*. Nueva York, Estados Unidos: Springer Dordrecht Heidelberg London.
- Tavares, L., Figueira, I., Macedo, D., McDougall, G., Leitão, M., Vieira, H., ... Santos, C. (2012). Neuroprotective effect of blackberry (*Rubus* sp.) polyphenols is potentiated after simulated gastrointestinal digestion. *Food Chemistry*, 131(14), 1443-1452.
- Tomás, F. (2010). Alimentos funcionales. En *Memorias del V Encuentro de Innovación y Tecnología Alimentaria “Innovación en Tiempos de Crisis”*. Barcelona, España: Federación española de industrias de alimentación y bebidas (FIAB), Centro de desarrollo y tecnología industrial (CDTI), Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino, Ministerio de Asuntos Exteriores y de Cooperación.
- Vasco, C., Riihinen, K., Ruales, J., & Kamal-Eldin, A. (2009). Phenolic compounds in Rosaceae fruits from Ecuador. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 57(4), 1204-1212.
- Vasco, C., Ruales, J., & Kamal-Eldin, A. (2008). Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. *Food Chemistry*, 111(4), 816-823.
- Vasconcellos, A. (2000). *Alimentos funcionales. Conceptos y beneficios para la salud*. *World of Food Science*. Orange, California, Estados Unidos: Departamento de Ciencias de Alimentos y Nutrición, Universidad Chapman. Recuperado de http://www.madrimasd.org/cienciaysociedad/ateneo/dossier/alimentos_funcionales/worldfoodscience/alimentosfuncionales.htm
- Villamizar, F. (1994). El manejo poscosecha y su incidencia en la calidad de la mora (*Rubus glaucus*). En *Memorias del I Taller Regional de Manejo Poscosecha de Productos de Interés para el Trópico*. San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.

- Villamizar, C. (2001). Sistemas de empaque y embalaje de productos hortícolas (mora) para el comercio nacional e internacional. En *Memorias de Capacitación en Gestión Comercial y de Calidad a Asociaciones de Productores de Frutas del Departamento del Huila*. Neiva, Colombia: Corporación Colombia Internacional, Gobernación del Huila.
- Wills, R., Lee, T., McGlasson, W., & Hall, E. (1984). *Fisiología y manipulación de frutas y hortalizas post-recolección*. Zaragoza, España: Acribia.
- Zapata, S., Piedrahita, A., & Rojano, B. (2014). Capacidad atrapadora de radicales oxígenos (ORAC) y fenoles totales de frutas y hortalizas de Colombia. *Perspectivas en Nutrición Humana*, 16(1), 25-36.





Capítulo VIII

Agroindustria

Carlos Eduardo Orrego
Yeimy Alejandra Rodríguez
Lady Joana Rodríguez
Natalia Salgado Aristizábal

La mora es un fruto originario de las zonas altas de América, empleada con fines alimenticios, industriales y cosméticos. Las moras son altamente apetecidas por su sabor, contenido de carbohidratos, fibra y minerales como el potasio, altos niveles de antocianinas y otros compuestos fenólicos, principalmente flavonoides y elagitaninos. Dicho contenido contribuye a que este fruto tenga una alta capacidad antioxidante y otras actividades biológicas que ayudan a prevenir enfermedades cardiovasculares, cáncer, entre otras.

De las 116 mil toneladas de mora producidas al año (Red de Información y Comunicación del Sector Agropecuario Colombiano [Agronet], 2015) aproximadamente el 55 % es dirigido hacia el consumo en los hogares, y el 10 % es adquirido por la agroindustria para la preparación de jugos, pulpas, mermeladas, conservas, confites y colorantes (Cámara de Comercio de Bogotá [CCB], 2015). La fracción restante (entre el 40 % y 50 %), como sucede con otras frutas y vegetales altamente perecederos, no llega al consumidor final debido a procesos de degradación microbiológica (hongos y bacterias), macrobiológica, daños físicos, deshidratación y sobremaduración en la cadena de suministro (Food and Agriculture Organization, [FAO], 2013). Por lo tanto, para disminuir tal porcentaje de pérdidas en la poscosecha se aplican tecnologías que contribuyen a prolongar la conservación del fruto y adicionarle valor.

En este capítulo se describirán diferentes procesos convencionales y no convencionales de industrialización de la mora. Los primeros incluyen almacenamiento, congelación, obtención de pulpa, extracción de jugos, elaboración de mermeladas, conservas y secado. Los segundos describen técnicas promisorias en la elaboración de nuevos *snacks* con mora, y para el aprovechamiento de los residuos generados durante la cosecha, transporte y transformación de la fruta, los cuales han sido estudiados en el Instituto de Biotecnología y Agroindustria de la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales, mediante proyectos financiados por entidades como el Fondo regional de tecnología agropecuaria (Fontagro), el Departamento administrativo de ciencia, tecnología e innovación (Colciencias) y la Dirección de Investigaciones de la Universidad Nacional de Colombia (DIMA).

Distribución y transformación

La calidad de la mora está definida por un conjunto de factores que incluyen su apariencia y tamaño (forma, color, brillo), textura (firmeza, jugosidad), sabor (dulzor, sabor, aroma), contenido de sólidos y nutrientes e inocuidad (calidad microbiológica, residualidad de agroquímicos, etc.). Estas características cambian según las condiciones ambientales de la zona de producción y las condiciones de cosecha, transporte y almacenamiento de la fruta.

La elevada tasa de respiración y fragilidad de la mora hacen que sufra deterioro nutricional y microbiológico rápido, lo que resulta en una vida útil corta. La norma NTC 5141, del Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [Icontec] (2002), establece los requisitos que debe cumplir el empaque utilizado para la

recolección y comercialización de la mora, tanto para el mercado fresco (nacional o de exportación) como para la agroindustria. Tradicionalmente la fruta se transporta y ofrece en cajas de madera y canastillas plásticas (la primera no cumple con el capítulo 7 del decreto 3075 de 1970, modificado por resolución 2674 de 2013 de la legislación sanitaria colombiana que regula todas las actividades de fabricación, procesamiento, preparación, envase, almacenamiento, transporte, distribución y comercialización de alimentos en el territorio nacional (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013). Para la agroindustria se empaca en canecas de diferente capacidad, tapadas herméticamente y refrigeradas para su conservación (CCB, 2015).

Para una temperatura de 4 a 6 °C se puede esperar un tiempo de vida útil de la mora de seis días aproximadamente. Para determinar este valor, se seleccionan diferentes parámetros de calidad o índices de deterioro, que varían en el tiempo y que su ausencia o presencia indican que la fruta no es apta para la comercialización o consumo (Giraldo, 1999). En la tabla 8.1 se presentan los cambios de algunas propiedades en la mora durante un periodo de almacenamiento de seis días.

Tabla 8.1. Cambios fisicoquímicos estimados para la mora (5 ± 1°C)

Parámetro	Tiempo de almacenamiento (días)	
	0	6
Pérdida de peso (%)	0	10,1 ± 2,6
Firmeza (N)	35,8 ± 1,4	12,5 ± 0,544
Color [ángulo de tono (°)]	299,4 ± 6,4	285,1 ± 5,1
Acidez titulable (mg Ac/100g)	3,5 ± 0,5	2,8 ± 0,4
Sólidos solubles totales (°Bx)	6,6 ± 1,5	8,5 ± 0,6
Contenido de polifenoles*	30,1 ± 8,5	46,9 ± 9,4
Capacidad antioxidante**	274,9 ± 44,4	334,2 ± 72,6

*mg equivalente de ácido gálico/100 gramos de muestra

** μmol Trolox Equivalent Antioxidant Capacity (TEAC)/100 gramos de fruta

Fuente: Parra (2016)

En las grandes superficies se encuentran presentaciones de mora fresca en recipientes PET (polietileno tereftalato) de 500 y 1.000 g y moras congeladas en bolsas desde 250 hasta 1.000 g (CCB, 2015).

Solo una adecuada cadena de distribución permite conservar estas propiedades y/o agregar valor a través del desarrollo de nuevos productos, durante el tiempo de permanencia de esta fruta o sus derivados dentro de la cadena de comercialización (figura 8.1).

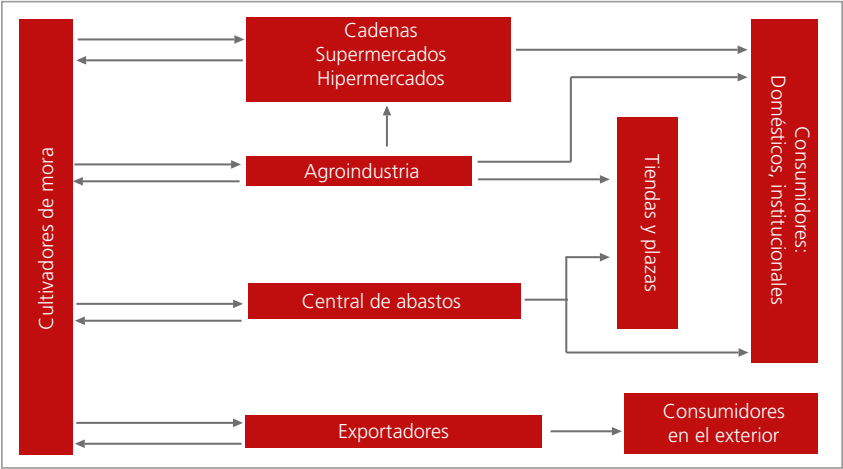


Figura 8.1. Modelo de comercialización de la mora.
Fuente: Elaboración propia

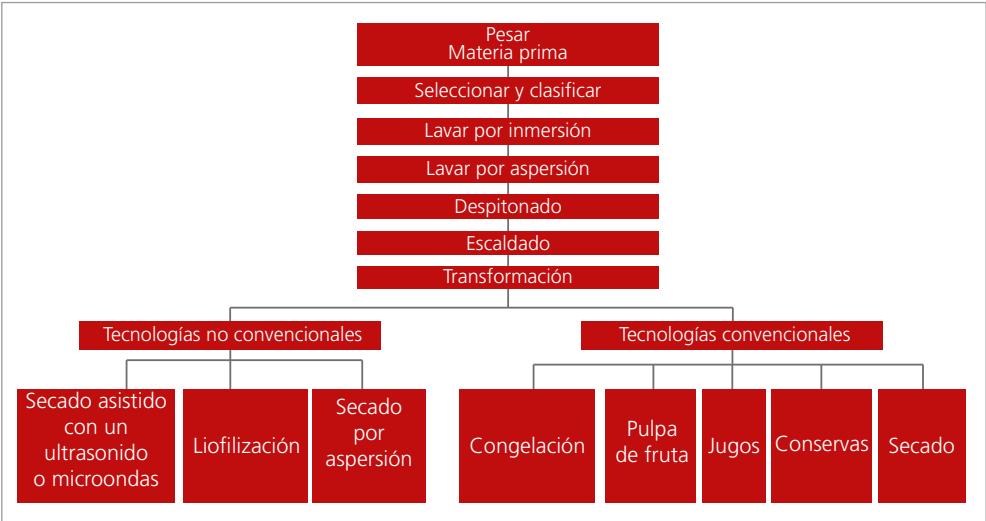


Figura 8.2. Procesos de transformación de la mora.
Fuente: Adaptado de Sinha, Sidhu, Barta, Wu y Cano (2012)

Como todos los procesos de transformación de frutas y verduras, la industrialización de la mora involucra una secuencia de etapas generales, a saber: recepción, selección, preservación, procesamiento, empaque y distribución. Cuando se recibe la mora se realiza un proceso de preparación que incluye pesaje, selección, limpieza, despitonado y escaldado. Luego la fruta pasa directamente a la planta de transformación o a almacenamiento por congelación. La secuencia de preparación y las alternativas de transformación se esquematizan en la figura 8.2.

Fruta y pulpa congeladas

La congelación es uno de los mejores métodos para prolongar la vida útil de las moras ya que conserva el color, el sabor y el valor nutritivo; además, previene el deterioro por cambios químicos, bioquímicos y físicos. Aunque muchos de estos cambios continúan durante el congelamiento, lo hacen de manera más lenta inhibiéndose además la actividad microbiana.

Antes del congelamiento se deben realizar operaciones que preserven la textura y controlen la actividad enzimática. Para incrementar la firmeza se puede sumergir la fruta en soluciones de sales de calcio. El escaldado o exposición rápida al agua caliente o vapor evita cambios indeseables en el color, la textura y el valor nutritivo durante la congelación. Para controlar el pardeamiento enzimático también se usan el dióxido de azufre, ácidos cítrico y málico. Puede utilizarse con el mismo fin el ácido ascórbico que, aunque resulta más caro, adiciona valor nutricional, retiene sabores y aromas, reduce la proporción de agua congelada y proporciona una barrera para la entrada de oxígeno.

La congelación se realiza en cuartos fríos o en equipos de IQF (*Individually Quick Frozen*). El congelador industrial convencional es un cuarto frío que opera entre -18 y -20 °C con aire impulsado por ventiladores. El tiempo de congelamiento en cuartos fríos es alto (de 6 a 20 h dependiendo de la relación entre el peso del lote de fruta y la potencia y tamaño del cuarto frío). El IQF o congelación rápida de manera individual es un método de congelación en el que se forman cristales de hielo de tamaño muy pequeños dentro de las células, lo que evita que las paredes celulares se perforen y que al descongelar se drene el jugo y, por consiguiente, haya pérdida de textura, valor nutritivo y sabor. Estos congeladores, generalmente de operación continua, se conocen también como congeladores criogénicos que usan nitrógeno líquido como medio refrigerante y alcanzan tiempos cortos de congelación (10-20 min). Después de este proceso la mora puede conservarse entre 8 y 10 meses.

Pulpa de fruta

Para la elaboración de la pulpa se deben controlar la acidez, el grado de maduración y los sólidos solubles de la mora. A partir de esta información y el tipo de mercado, se definen los parámetros de operación del despulpado o refinación, la pasteurización (disminución de la carga bacteriana) o el uso de enzimas (para obtener mayor rendimiento). En general, el rendimiento obtenido de la pulpa de mora es del 96 %. Las pulpas obtenidas pueden ser empacadas en bolsas plásticas de polietileno con llenadoras-empacadoras manuales o con sistemas de empaque aséptico como se muestra en la figura 8.3. Después del proceso del almacenamiento en congelación, la pulpa puede durar hasta 12 meses, siempre que no haya interrupción de la cadena de frío.



Foto: Jorge Alonso Bernal Estrada

Figura 8.3. Pulpa de mora empacada y productos comercializados en mercados locales.

La figura 8.4 ilustra el proceso de fabricación de pulpa congelada y en la tabla 8.2 se observan las características obtenidas para uno de los tipos de mora.

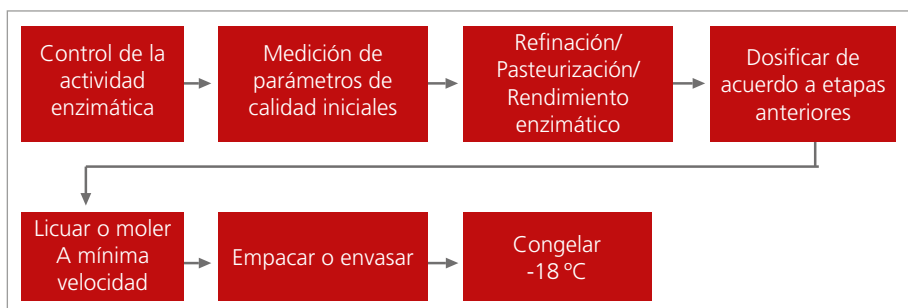


Figura 8.4. Proceso de elaboración de pulpa congelada de mora.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8.2. Características de la pulpa de mora

Características fisicoquímicas	Sólidos solubles expresados como °Bx: 6,5-8,0 pH: 2,65-3,50 Acidez expresada como % de ácido cítrico: 2,00-2,90
Características microbiológicas	• Recuento de mesófilos aerobios UFC /g o ml: <3.000 • Recuento de coliformes totales UFC /g o ml: <10 • Recuento de coliformes fecales UFC /g o ml: <10 • Recuento de esporas de <i>Clostridium</i> sulfito reductor UFC/g o ml: <10 • Recuento de mohos y levaduras UFC/g o ml: <200

Fuente: Alimentos S. A. S. (2014)

Procesamiento de jugos

Los jugos representan un importante segmento en la industria de las frutas, y la elaboración de un producto de alta calidad depende principalmente de las características de las materias primas empleadas. Después de las etapas de preparación, la extracción del jugo puede ser mediante prensado o por tratamiento enzimático, luego de esto se realiza el tratamiento de decantación. En la figura 8.5 se presenta el esquema general para el procesamiento de jugos.



Figura 8.5. Esquema general para la elaboración de jugo de frutas.

Fuente: Adaptado de Barrett, Somogyi y Ramaswamy (2014)

Proceso de extracción

La extracción es la etapa crítica del proceso de elaboración de jugos, se debe realizar rápidamente para minimizar lo más posible la oxidación que pueden causar las enzimas presentes en forma natural. El procesamiento de pequeñas frutas como la mora no requiere de etapas de despulpado ni deshuesado. La desintegración de la fruta implica el rompimiento del tejido celular; para el paso por prensado se recomiendan tamaños de 5 a 8 mm, mientras que tamaños menores a 5 mm son indicados para la decantación. Algunos de los equipos empleados para la desintegración de la fruta son los molinos de martillo, de cuchillas, de discos, trituradoras y despulpadoras como la que se muestra en la figura 8.6. En determinados casos, con el fin de maximizar el rendimiento de la extracción, se emplea un proceso conocido como *hot break*: esta técnica presenta mayor interés en jugos altamente coloridos, ricos en compuestos fenólicos, como los de uvas, cerezas, ciruelas, fresas, moras y arándanos.



Foto: Natalia Salgado Aristizábal

Figura 8.6. Despulpadora industrial de fruta.

Clarificación

La clarificación empleada para la obtención de jugos transparentes requiere de múltiples pasos y acondicionamientos. Puede ser realizada mediante tratamiento enzimático o separación mecánica; en el primero, se emplean enzimas como la pectinasa para descomponer la pectina. Las partículas suspendidas se agregan y se desplazan hacia el fondo del recipiente. Con la clarificación no enzimática se rompe la emulsión con calor, adición de gelatinas, caseínas, combinaciones ácido-proteína, y combinaciones de miel-proteína. La clarificación por separación mecánica puede ser realizada por decantación, lográndose reducción de sólidos en la suspensión hasta del 1 %, según las características del jugo y de las condiciones de operación. Otra técnica para la remoción de sólidos insolubles en los jugos es la centrifugación, que se usa para producir jugos opacos sin sólidos suspendidos.

Concentración

La concentración del jugo se usa como opción de reducción del volumen de almacenamiento y costo del transporte. Los concentrados bajo atmósferas controladas y a bajas temperaturas reducen el riesgo de crecimiento de levaduras y prolongan la vida del producto. El jugo es concentrado por evaporadores de película, crio-concentradores, o por combinación de operaciones con membranas y de concentración.

Pasteurización y procesos no térmicos

La pasteurización es un tratamiento térmico que elimina la carga bacteriana con baja alteración de la composición y cualidades del producto. Para jugos ácidos se realiza alrededor de los 70 °C, seguido por una etapa de enfriamiento rápido. El envasado en caliente llega hasta los 88 y los 95 °C, con un tiempo de retención cercano a tres minutos antes del enfriamiento. Es indicado para jugos de arándanos, moras, fresas y uvas. Está disponible también la técnica de procesamiento aséptico del jugo, para la cual se requieren tres sistemas de esterilización: uno para el jugo antes de su envase, otro para el envase y un tercero para el llenado y cerrado del envase. También se encuentran técnicas que combinan pasteurización y refrigeración, y procesos no térmicos que usan luz ultravioleta, procesamiento a alta presión, campos eléctricos pulsados, irradiación, procesamiento con dióxido de carbono, y esterilizadores químicos. Para la pasteurización de jugos también se suelen emplear técnicas no térmicas como la producción de jugos en frío, este método ofrece diferentes ventajas como la conservación de las características frescas y aumento en la vida útil. Además,

se han implementado tecnologías como luz ultravioleta (UV), irradiación con haz de electrones, procesamiento de alto dióxido de carbono y campos eléctricos pulsados, procesamiento a alta presión y esterilizantes químicos (Barrett et al., 2014).

Envasado

El envasado es la etapa final del proceso de producción de un jugo. Sus funciones son retardar o prevenir la pérdida de la calidad, protegerlo contra la contaminación ambiental y proporcionarle al consumidor información nutricional y de vencimiento. Generalmente, los jugos son empacados en envases de lata, de vidrio, de PET y de cartón (recubiertos por capas que crean barreras contra el oxígeno).

Mermeladas y conservas

Las mermeladas son productos de consistencia gelatinosa obtenidos mediante la cocción y la concentración de frutas. La elaboración de mermeladas es uno de los métodos más tradicionales y populares para la conservación de las frutas.

Ingredientes

El azúcar es esencial para obtener un adecuado grado de gelificación, al mezclarse con la pectina. Para ello la concentración de azúcar llega al 60 % del peso final de la mermelada, con lo que se evita la formación de cristales o fermentación. La pectina es un biopolímero natural gelificante presente en las frutas. Las que son ricas en pectina requieren de menor cantidad de este ingrediente. La mora, pobre en dicha sustancia, suele necesitar mayor cantidad para la gelificación, aunque también se han empleado las carrageninas y el almidón modificado como sustituto de la pectina. El ácido cítrico, que ayuda a la gelificación, confiere brillo, mejora el sabor, ayuda a prevenir la cristalización y prolonga la vida útil de la mermelada. Los conservantes (generalmente sorbato de potasio y el benzoato de sodio) son añadidos para evitar el deterioro del producto, pues previenen el crecimiento de hongos y levaduras.

Proceso de elaboración

El proceso de elaboración de mermeladas tiene las mismas etapas de preparación descritas en la fabricación de los productos anteriores (selección, pesaje, lavado, pulpeado o licuado). Una vez lista la pulpa o el jugo de fruta, se hace una precocción

suave que evapora parte del agua antes de adicionar el azúcar y los demás ingredientes. La etapa de cocción es la principal del proceso, en esta se manejan temperaturas que van desde los 60 a 80 °C, aunque también puede hacerse a temperatura ambiente si se maneja la operación a vacío. Un tiempo de cocción corto permite preservar mejor las características de sabor y color y se evita, además, la caramelización y la cristalización. Terminado el proceso de cocción, y luego de un enfriamiento hasta una temperatura no menor a los 85 °C se realiza el envasado en caliente. Se coloca la tapa para proceder al enfriado rápido del producto que genera vacío al interior del envase. El etiquetado y almacenado son las etapas finales del proceso.

Secado de frutas

La mora tiene un alto contenido de humedad (alrededor del 90 % en peso) y consecuentemente, una alta actividad de agua ($a_w \geq 0,8$) lo que la hace susceptible al deterioro microbiológico con proliferación de hongos y levaduras. La deshidratación reduce el contenido de agua y su actividad, lo que la hace una técnica efectiva de conservación. Este proceso puede generar cambios en propiedades tales como olor, sabor, color y apariencia, además de propiedades estructurales como densidad, porosidad, volumen específico, textura, velocidad y capacidad de rehidratación, y características nutricionales como el contenido de proteínas y vitaminas, lo cual en algunos casos mejora uno o varios índices de calidad como sabor y digestibilidad o los afecta en forma negativa alterando vitaminas y aromas, entre otros.

Los procesos convencionales de secado incluyen el secado solar, donde el material se calienta aproximadamente entre 30 a 35 °C dentro de un recinto expuesto al sol. Aunque es un proceso económico, los tiempos del proceso son prolongados (< 36 horas) y la humedad final es alta (> 20 %), generando un riesgo de contaminación. El secado convectivo, que es el más usado en la industria alimenticia, consiste en poner en contacto al producto con una corriente de aire caliente entre 60-80 °C; requiere de un tiempo considerable (10 - 20 h) y se obtienen deshidratados con 15 al 25 % de humedad, con diversas alteraciones físicas, fisicoquímicas y nutricionales (Orrego & Salgado, 2015). La osmodeshidratación es un proceso que permite reducir alrededor del 50 % del contenido de agua con un requerimiento energético mínimo, a través de la inmersión del material en una solución saturada (alta presión osmótica) de sal o sacarosa. Entre sus ventajas está la posibilidad de impregnación del producto con otras sustancias de interés; su mayor desventaja es el fluido residual de la operación (Bedoya, Vélez, & Márquez, 2004).

Entre los secados no convencionales se encuentran el secado al vacío que se hace a bajas presiones (entre 4.000 a 8.000 Pa) y temperaturas, por lo que se minimizan las degradaciones oxidativas (pardeamiento, degradación del contenido de nutrientes, etc.). La liofilización es un proceso de deshidratación, en el que el agua es removida por sublimación de una muestra previamente congelada aplicando vacío. Los alimentos liofilizados tienen características de alta calidad, tales como retención de color, aroma y nutrientes, un mejor sabor, menor densidad aparente, alta porosidad y buenas propiedades de rehidratación en comparación con productos deshidratados por otras alternativas de secado (Orrego, 2008). En el secado por aspersión se atomiza una materia prima líquida en una explosión donde pequeñas gotas son rápidamente deshidratadas durante el contacto de estas con aire caliente, en una cámara de secado cilíndrica vertical, lo que produce gránulos secos, polvos o aglomerados (Castillo, Cristancho, & Arellano, 2003). Estos tipos de secado permiten obtener productos de alta calidad, con humedades finales que oscilan entre el 2 y el 7 %, pero con altos costos de producción.

Las técnicas descritas pueden ser asistidas con microondas y ultrasonido, que permiten ser aún más eficientes al disminuir los tiempos de operación y conservar las características organolépticas y nutricionales de la fruta. En la figura 8.7 se resumen los sistemas de secados descritos.

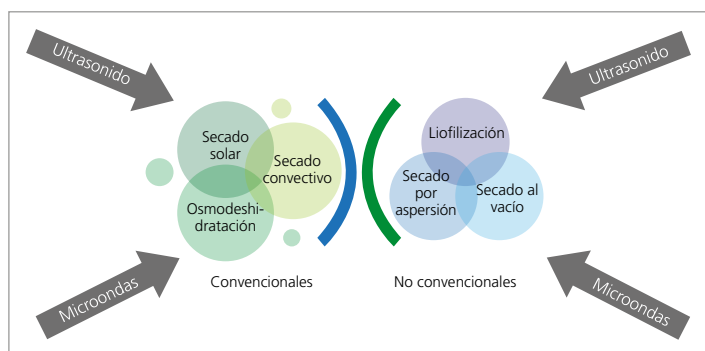


Figura 8.7. Operaciones de secado de la mora.

Fuente: Adaptado de Orrego y Salgado (2015)

En Colombia la mora deshidratada no es comercializada al consumidor final sino a consumidores intermedios que la utilizan para la elaboración de otros productos, por lo que su producción se realiza bajo contratos comerciales o pedidos. Algunas de las industrias que deshidratan frutas en el país y que ofrecen mora seca se presentan en la tabla 8.3.

Tabla 8.3. Empresas deshidratadoras de mora en Colombia

Empresa	Ubicación	Procesos	Presentaciones
Alimentos Naranja Verde Ltda.	Pereira, Risaralda	Deshidratación convectiva	Granular, polvo y rodajas (mínimo 1 kg)
Fontus S. A. S.	Bogotá, Cundinamarca	Liofilización	Polvo (0,5 a 1 kg)
Planta Deshidratadora Varav Engineering & Co. S. A. S.	Ibagué, Tolima	Deshidratación convectiva	Trozos (0,01 a 10 kg)
Frutombia S. A. S.	Dosquebradas, Risaralda	Deshidratación convectiva	Trozos (No reporta)
Fruverfit Deshidratados Botero S. A. S.	San José de Cúcuta, Norte de Santander	Deshidratación convectiva	Trozos (0,035 a 40 kg)
FLS Trading S. A. S.	Santa Rosa de Cabal, Risaralda	Osmodeshidratación	Trozos (0,05 a 50 kg)
Toscana y Sorrento Gourmet S. A. S.	Norte de Santander	Deshidratación convectiva	Trozos (0,06 a 1 kg)
Colombian Seeds and Fruit S. A. S.	Duitama, Boyacá	Deshidratación convectiva	Tisanas (0,01 a 1 kg)
Sero Colombia S. A. S.	Candelaria, Valle Del Cauca	Liofilización Deshidratación convectiva	No reporta
Drycol S. A. S.	Funza, Cundinamarca	Liofilización Deshidratación convectiva	No reporta
Tecnologías de Alimentos de Colombia S. A. S.	Sabaneta, Antioquia	Liofilización Deshidratación convectiva	No reporta
Alicolsa Alimentos Liofilizados de Colombia S. A.	Bogotá, Cundinamarca	Liofilización	No reporta

Fuente: Elaboración propia

Nuevas tecnologías de procesamiento

Las barras de fruta hacen parte del universo de los *snacks* saludables. Son productos de fácil consumo, que conservan gran parte del valor nutricional de la fruta fresca (en términos de energía, minerales, antioxidantes y fibra), los cuales han alcanzado

una tasa de crecimiento anual compuesta del 4,7 % al 2015 y se estima del 5,7 % para el 2020 (Schouten, 2016). En la figura 8.8 se presenta un flujograma de actividades u operaciones que se puede usar para la manufactura de las barras de fruta.

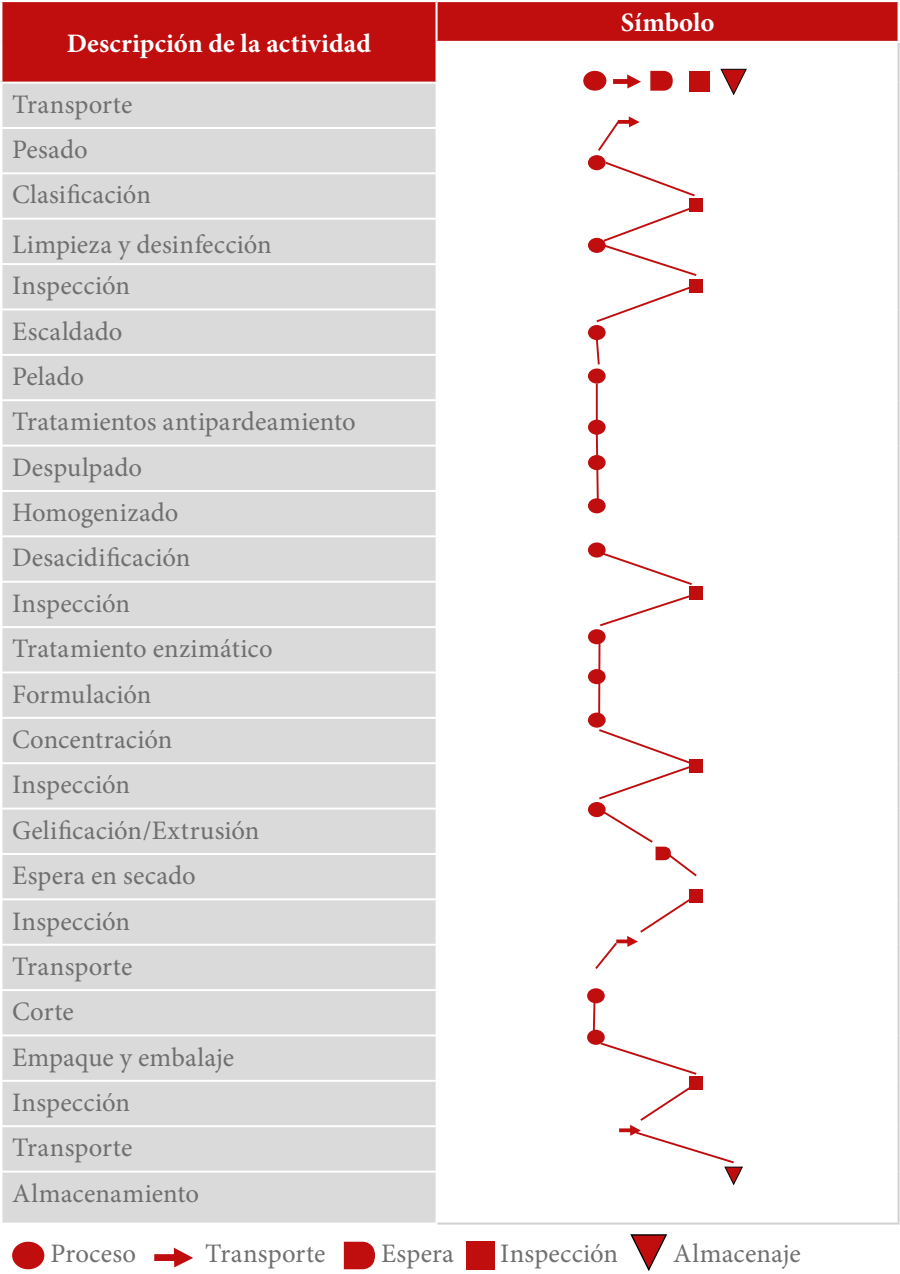


Figura 8.8. Diagrama de flujo de procesos para la producción de barras de fruta de mora.
Fuente: Adaptado de Orrego y Salgado (2015)

Estos productos pueden obtenerse por distintas secuencias o etapas de procesamiento, entre las que se destacan transformaciones de fruta que incluye su combinación con otros ingredientes (azúcares, hidrocoloides) y operaciones diversas dentro de las que se destacan la gelificación, la extrusión y el secado (Orrego, Salgado, & Botero, 2014).

Otra alternativa, para agregar valor a los efectos benéficos de los antioxidantes de la mora, es el encapsulado de su pulpa en matrices biopoliméricas para obtener un ingrediente estabilizado (los polifenoles son muy reactivos con el oxígeno del aire y se afectan con las condiciones del tracto gastrointestinal al ser consumidos) (Fang & Bhandari, 2010; Munin & Edwards-Lévy, 2011). El proceso de encapsulación se presenta en la figura 8.9.

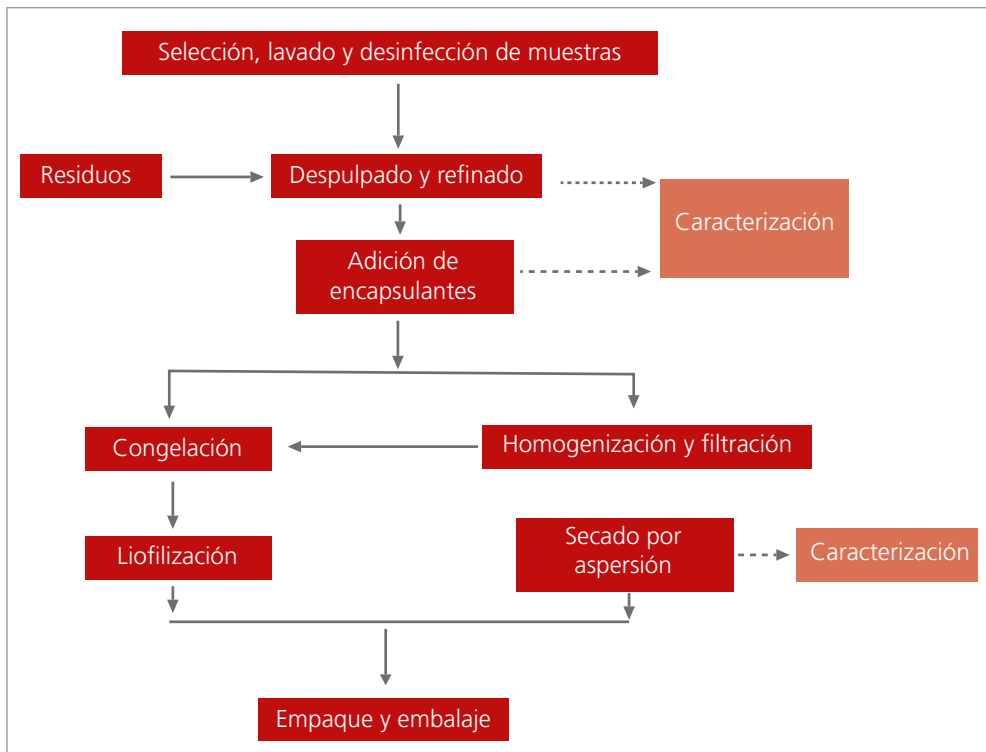


Figura 8.9. Proceso de encapsulación para la producción de ingredientes nutraceuticos de mora, a través de liofilización o secado por aspersión.

Fuente: Elaboración propia

Aprovechamiento de residuos

Los residuos obtenidos de la mora pueden ser recolectados en dos etapas de la cadena de valor. La primera es durante o después de la cosecha, como tallos y hojas. La segunda es durante la transformación industrial, como bagazo (semillas). Estos residuos generan pérdidas económicas, ya que su disposición en el terreno dificulta el control de plagas y en la industria se incurren en costos adicionales para su disposición. La tabla 8.4 muestra los subproductos que pueden ser obtenidos.

Tabla 8.4. Subproductos de la mora a partir de los residuos

Poscosecha	Fibras lignocelulósicas: cabuya, papel		
Industriales	Extracción de aceites Fibras dietarias Alimento para mascotas	Compuestos bioactivos Suplementos Industria farmacéutica	Cosméticos Polifenoles Antioxidantes

Fuente: Elaboración propia

Los residuos agroindustriales de la mora contienen fibras dietarias y bioactivos tales como antioxidantes en niveles cercanos a 126,41 mg/kg (Dávila, 2016), compuestos que generan beneficios en el tracto urinario (Mann, 2002). Algunas fibras pueden encontrarse en el mercado como fibras de mora, y en productos de panadería o alimentos para mascotas. Las hojas pueden utilizarse como una solución de enjuague bucal y para hacer gárgaras, por su riqueza en taninos o sustancias amargas astringentes, que poseen poderosas propiedades antisépticas naturales. De los residuos de los tallos se pueden extraer fibras naturales, materiales lignocelulósicos útiles para la elaboración de cuerdas, como materia prima de papel y como refuerzo de materiales compuestos.

Referencias

Alimentos S. A. S. (2014). *Ficha técnica de pulpa de mora congelada*. Bogotá, Colombia: Alimentos S. A. S. Recuperado de <https://irp-cdn.multiscreensite.com/b4fb73a9/files/uploaded/FICHA%20TECNICA%20PULPA%20DE%20MORA%20CONGELADA.pdf>

- Barrett, D., Somogyi, L., & Ramaswamy, H. (2014). *Processing fruits: Science and technology*. Pensilvania, Estados Unidos: CRC Press.
- Bedoya, D., Vélez, L., & Márquez, C. (2004). Osmodeshidratación de mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth.) con tres agentes edulcorantes. *Facultad Nacional de Agronomía*, 57(1), 2253-2268.
- Cámara de Comercio de Bogotá (CCB). (2015). *Manual mora*. Bogotá, Colombia: CCB.
- Castillo, E., Cristancho, D., & Arellano, V. (2003). Estudio de las condiciones de operación para la digestión anaerobia de residuos sólidos urbanos. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 5(2), 11-22.
- Colombia, Ministerio de Salud y Protección Social (2013). *Resolución número 00002674*. Recuperado de <https://www.invima.gov.co/resoluciones-en-alimentos/resolucion-2674-2013-pdf/detail.html>
- Dávila, J. (2016). Residuos de mora y aguacate con potencial para la industria farmacéutica. *Unimedios Agencia de noticias UN Ciencia & Tecnología*. Recuperado de <http://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/article/residuos-de-mora-y-aguacate-con-potencial-para-la-industria-farmaceutica.html>
- Fang, Z., & Bhandari, B. (2010). Encapsulation of polyphenols – a review. *Trends in food science & technology*, 21(10), 510-523.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2013. *Global initiative on food losses and waste reduction*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i4068e.pdf>
- Giraldo, G. (1999). *Métodos de estudio de vida de anaquel de los alimentos* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Colombia, Manizales, Colombia.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (Icontec). (2002). *Norma técnica colombiana, NTC 5141. Frutas frescas. Mora de Castilla*. Especificaciones del empaque. Bogotá, Colombia: Icontec.
- Mann, D. G. (2002). *Infused vegetable, herb, and/or seed fiber product and dietary supplements containing same*, U. S., Patente de Estados Unidos 6.440.467. Recuperado de <https://patents.google.com/patent/US6231866B1/en>
- Munin, A., & Edwards-Lévy F. (2011). Encapsulation of natural polyphenolic compounds; a review. *Pharmaceutics*, 3(4), 793-829.
- Orrego, C. (2008). *Congelación y liofilización de alimentos*. Manizales, Colombia: Gobernación de Caldas, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Universidad Nacional de Colombia.
- Orrego, C., & Salgado, N. (2015). *Alternativas innovadoras para la agregación de valor a las frutas colombianas*. Manizales, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

- Orrego, C., Salgado, N., & Botero, C. (2014). Developments and trends in fruit bar production and characterization. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 54(1), 84-97.
- Parra, S. L. (2016). *Variación de la calidad de frutos andinos frescos durante su almacenamiento* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Manizales, Colombia.
- Red de Información y Comunicación del Sector Agropecuario Colombiano (Agronet). (2015). *Estadísticas*. Bogotá, Colombia: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Recuperado de <http://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/default.aspx>
- Schouten, R. (2016). The forces fueling the healthy snack segment. *Food Business News*. Recuperado de <https://www.foodbusinessnews.net/articles/8382-the-forces-fueling-the-healthy-snack-segment>
- Sinha, N., Sidhu, J., Barta, J., Wu, J., & Cano, M. (2012). *Handbook of fruits and fruit processing*. Iowa, Estados Unidos: John Wiley & Sons.







Capítulo IX

Registros y costos de producción

Germán Franco

Jorge Alonso Bernal Estrada

Germán Andrés Aguilera Arango

En cualquier cultivo, los costos de producción son indispensables para el agricultor porque le ayudan a tomar decisiones. Para esto se deben llevar unos registros básicos sobre los jornales que requiera cada labor en el cultivo y su costo (tabla 9.1), de la compra de insumos como semilla, fertilizantes, plaguicidas, postes, alambre, entre otros y su costo unitario y total (tabla 9.2) y los registros de producción y ventas (tabla 9.3); de esta manera se pueden calcular los costos y los ingresos, para establecer las ganancias en cada ciclo productivo (Franco & Giraldo, 2001; Rodríguez, Benjumea, Franco, & Rodríguez, 2005).

Tabla 9.1. Registro de jornales para un cultivo de mora

Logo de la finca	Proceso:	Código:		
	Título del proceso:	Versión:		
		Fecha de aprobación:		
	Nombre de la finca:	Variedad:		
Nombre del lote:		N° Plantas:		
Responsable:				
Fecha	Tipo de labor	Jornales (N.º)	Valor jornal (\$)	Costo total (\$)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9.2. Registro de compra de insumos para un cultivo de mora

Logo de la finca	Proceso:	Código:		
	Título del proceso:	Versión:		
		Fecha de aprobación:		
	Nombre de la finca:	Variedad:		
Nombre del lote:		N° Plantas:		
Responsable:				
Fecha	Nombre del insumo	N° de unidades (kg, litro, unidad)	Costo por unidad (\$)	Costo total (\$)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9.3. Registro de producción y ventas para un cultivo de mora

Logo de la finca	Proceso:		Código:	
	Título del proceso:		Versión:	
			Fecha de aprobación:	
	Nombre de la finca:		Variedad:	
Nombre del lote:			N° Plantas:	
Responsable:				
Fecha	Fruta cosechada (kg)	Fruta vendida (kg)	Precio venta/ kg (\$)	Valor total (\$)

Fuente: Elaboración propia

En las tablas 9.4, 9.5, 9.6 y 9.7 se presenta un modelo para calcular los costos de producción año por año. Este modelo es apenas una guía, puesto que en cada zona de producción la estructura de costos puede variar.

Tabla 9.4. Modelo para el cálculo de los costos de producción de un cultivo de mora, para los dos primeros años

Logo de la finca	Proceso:	Código:		
	Título del proceso:	Versión:		
		Fecha de aprobación:		
	Nombre de la finca:	Variedad:		
Plantas por hectárea: 1.333	Distancia de siembra: 3,0 × 2,5 m			
Responsable:				
Mano de obra	Unidad	Año		Total
		1	2	
1.Preparación del terreno				
Adecuar para trazar y aplicar herbicida	Jornales	15	0	15
2.Trazado, ahoyado y siembra				
Elaboración 200 estacas	Jornales	3	0	3
Ahoyado (40 × 40 × 40 cm; 120 hoyos/día)	Jornales	10	0	10
Aplicación materia orgánica compostada	Jornales	2	3	5
Aplicación de cal	Jornales	2	3	5
Distribución de plantas en campo y siembra	Jornales	6	0	6
3. Desyerbas				
Plateo (4 a 6 al año)	Jornales	25	25	50
Desyerbas selectivas de calles*	Jornales	4	4	8
4. Fertilización				
Fertilización al suelo	Jornales	24	28	52
Fertilización foliar	Jornales	6	12	18
5. Podas				
Poda de formación (una)	Jornales	4	0	4
Poda de mantenimiento y fitosanitaria	Jornales	20	30	50
6. Construcción de espalderas				
Ahoyado para postes	Jornales	5	0	5
Adecuación de postes (acarreo y clavada)	Jornales	12	0	12
Instalación de alambre	Jornales	6	0	6
7. Controles sanitarios	Jornales	10	30	40
8. Recolección, selección y empaque de frutos	Jornales	20	90	110
Total de mano de obra	Jornales	174	225	399

* (2 químicas 2 mecánicas)
** (4 el primer año y 12 a partir del segundo)

Tabla 9.5. Modelo para el cálculo de los costos de producción para una hectárea de mora (insumos)

Logo de la finca	Proceso:	Código:			
	Título del proceso:	Versión:			
		Fecha de aprobación:			
	Nombre de la finca:	Variedad:			
Responsable:					
Insumos		Unidad	Año		Total
			1	2	
Plántulas para siembra		Unidad	1.400	0	1.400
Micorrizas (40 g/planta)		kg	55	0	55
Fertilizante completo		kg	650	1.660	2.310
Materia orgánica		kg	1.400	2.200	3.600
Cal dolomita o calfos		kg	200	200	400
Fertilizante foliar		L	15	18	33
Agrimins		kg	65	65	130
Fungicidas		kg-L	30	30	60
Insecticidas		L	6	6	12
Total Insumos			3.821	4.179	8.000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9.6. Modelo para el cálculo de los costos de producción para una hectárea de mora (herramientas, materiales y equipos)

Logo de la finca	Proceso:	Código:			
	Título del proceso:	Versión:			
		Fecha de aprobación:			
	Nombre de la finca:	Variedad:			
Responsable:					
Herramientas, materiales y equipos		Unidad	Año		Total
			1	2	
Fumigadora de espalda o estacionaria		Unidad	1	0	1
Tijeras podadoras		Unidad	2	0	2
Guantes		Unidad	4	2	6

(Continúa)

(Continuación tabla 9.6.)

Herramientas, materiales y equipos	Unidad	Año		Total
		1	2	
Postes de guadua basa y sobrebasa (3,2 m de largo) doble espaldera	Unidad	600	0	600
Palines	Unidad	2	2	4
Machetes	Unidad	2	2	4
Limas	Unidad	2	2	4
Selector de malezas	Unidad	1	0	1
Alambre galvanizado	kg	250	0	250
Fibra para amarre	Rollo	2	2	4
Martillo	Unidad	1	0	1
Grapas	kg	4	0	4
Inmunizantes	Galon	3	0	3
Hisopos	Unidad	3	0	3
Alquiler de guadaña	Dia	6	6	12
Canastillas plásticas de 10 kg	Unidad	10	40	50
Tarros para cosechar de 10 kg	Unidad	10	0	10
Canecas plásticas de cierre hermético de 25 kg	Unidad	10	25	35
Jabón en polvo	kg	3	6	9
Cepillos	Unidad	2	2	4
TOTAL de insumos, herramientas, materiales y equipos		4.734	4.260	8.994
Otros costos				
Análisis de suelo				
Parafiscales 1%				
Asociación 5%				
Transporte al centro de acopio				
Servicios públicos				
Impuesto predial				
Total Otros				
COSTOS TOTALES				

Tabla 9.7. Modelo para el cálculo de los costos de producción para una hectárea de mora (rendimiento y ventas)

Logo de la finca	Proceso:	Código:			
	Título del proceso:	Versión:			
		Fecha de aprobación:			
	Nombre de la finca:	Variedad:			
Responsable:					
Produccion y costos		Unidad	Año		Total
			1	2	
Producción de fruta por hectárea al año		kg			
Pérdidas de fruta en cosecha y poscosecha		kg			
Fruta mercado fresco		kg			
Fruta industrial		kg			
Producción realmente comercializable		kg			
Valor kg mora en fresco		\$			
Valor kg mora industrial		\$			
Valor ventas mora		\$			
Valor costos		\$			
Ganancia neta = valor ventas - valor costos		\$			
COSTOS		\$			

Referencias

Franco, G., & Giraldo, M. (2001). *El cultivo de la mora*. Manizales, Colombia: Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.

Rodríguez, A., Benjumea, E., Franco, G., & Rodríguez, J. (2005). Registros para calcular costos de producción en mora. *Recomendaciones Técnicas*, 3, 1-8.



Recomendaciones

La mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth.) es una fruta de mucha importancia en la alimentación humana, por su alto contenido de vitaminas y minerales, así como por sus efectos benéficos para la salud. Es de gran importancia socioeconómica, porque la mayoría de quienes la cultivan son pequeños productores y, debido a su demanda creciente, proporciona empleos permanentes y temporales a los participantes en la cadena agroindustrial, lo cual beneficia a productores, comercializadores, industrializadores y consumidores.

El cultivo de la mora en Colombia emplea una cantidad enorme de agroquímicos, los cuales representan un alto porcentaje de los costos de producción; los agricultores de mora utilizan productos de síntesis química de manera indiscriminada, que además de encarecer los costos de cultivo, causan serios desequilibrios al medio ambiente y además deterioran la salud de los consumidores y de los mismos productores.

El uso irracional de plaguicidas y su aplicación en forma periódica (tipo calendario) fragmentan el equilibrio biológico y eliminan los insectos benéficos; además, plagas que no son consideradas de importancia económica en el cultivo pueden tornarse primarias debido a la presión de los plaguicidas. Prácticas inadecuadas de manejo —como el uso indiscriminado de agroquímicos, la falta de mantenimiento del cultivo (podas, desyerbas, fertilización), la tala indiscriminada de bosques para el tutorado, el desconocimiento de los sistemas de monitoreo para el control de patógenos y plagas que afectan el cultivo y el uso de plaguicidas como única herramienta de control de plagas y enfermedades— son factores que hacen necesario el establecimiento de programas de asistencia técnica permanente con el fin de mejorar la situación existente. Es necesario, además, que los investigadores establezcan programas de reconversión agrícola e industrial sustentable para este producto.

Debido a la característica especial que tiene este fruto, de no poseer epidermis que lo proteja durante las operaciones de cosecha, poscosecha y acondicionamiento, reviste especial interés la implementación de buenas prácticas agrícolas con el propósito de garantizar la inocuidad e impedir daños en el medioambiente.

Este documento, como respuesta a la situación del cultivo, puede ser utilizado como un texto de referencia por profesionales, asistentes técnicos y agricultores vinculados al sistema productivo de la mora. Buena parte de la información son resultados de investigación, que en muchos casos fueron generados por los mismos autores y por otras entidades de investigación vinculadas al sector productivo. Puede ser considerado una aproximación más holística que integra aspectos de la socioeconomía, prácticas de manejo (sistemas de propagación, distancias de siembra, podas, control de arvenses, entre otros), nutrición, manejo de plagas y enfermedades, buenas prácticas agrícolas, cosecha y poscosecha, agroindustria y costos de producción, para hacer más eficientes las labores que demanda el cultivo en una forma más racional y respetuosa con el ambiente.

La mención en el presente documento de productos comerciales o ingredientes activos que no están registrados para su uso en el cultivo de mora obedece a experiencias de investigadores, técnicos y productores, que los han utilizado y obtenido buenos resultados. Además, la alusión de algunos plaguicidas y fertilizantes no constituye garantía por parte de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), como tampoco implica que se excluyan otros productos de igual o mayor eficiencia.





Los autores

Germán Franco

gfranco@agrosavia.co

Ingeniero agrónomo de la Universidad de Caldas, especialista en Poscosecha de Vegetales Perecederos de la Universidad del Quindío y doctor en Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Colombia (sede Medellín), con área de profundización en poscosecha. En la actualidad se desempeña como investigador PhD asociado en el área de fisiología de poscosecha en el Centro de Investigación La Selva de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), en la Red de Hortalizas y Plantas Aromáticas.

Jorge Alonso Bernal Estrada

jbernal@agrosavia.co

Ingeniero agrónomo de la Universidad Nacional de Colombia (sede Medellín), MSc en Horticultura de Mississippi State University, Doctor en Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Colombia (sede Medellín). Ha trabajado por más de 20 años en el manejo del sistema productivo de frutales de clima frío como mora, granadilla, curuba, tomate de árbol, lulo y aguacate. Ha sido coautor de manuales de tomate de árbol, brevo, curuba, aguacate, mango, mora y lulo, así como de artículos técnicos y científicos sobre tales especies. Ha liderado proyectos en el área de investigación y transferencia de tecnología en frutales. Actualmente ocupa el cargo de investigador PhD asociado con sede en el Centro de Investigación La Selva de AGROSAVIA (Rionegro, Antioquia).

Cipriano Arturo Díaz Díez

cdiaz@agrosavia.co

Ingeniero Agrónomo y MSc en Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Colombia (sede Medellín), con énfasis en ecofisiología. Ha trabajado en el manejo del sistema productivo de frutales de clima frío como la mora, uchuva, tomate de árbol, lulo y aguacate cv. Hass, así como en el manejo agronómico y fertilización de papa criolla, fríjol, brócoli y sistemas silvopastoriles. Ha sido coautor de manuales de tomate de árbol, brevo, curuba, aguacate, mango y uchuva, y ha sido líder de proyectos de propagación sexual de la mora y de evaluación de materiales de este mismo fruto. Actualmente ocupa el cargo de investigador máster sénior con sede en el Centro de Investigación La Selva, de AGROSAVIA (Rionegro, Antioquia).

Álvaro Tamayo Vélez

atamayo@agrosavia.co

Ingeniero agrónomo de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, MSc en Suelos de la Universidad de Puerto Rico, con énfasis en gases de invernadero. PhD de la Universidad Nacional de Colombia, con énfasis en fertilidad y microbiología. Ha trabajado en conservación de suelos, fertilización química, orgánica y biológica en cultivos de fríjol, maíz, mora, lulo, brevo, uchuva, tomate de árbol, papa criolla y capira, y estevia, así como en cultivos industriales de papa e higuerilla y hortalizas, y en pruebas de adaptación de variedades de caña panelera. Ha realizado trabajos en producción biológica y orgánica en hortalizas de clima frío moderado y estudios en descomposición, ciclaje y extracción de nutrientes en el cultivo del aguacate cv. Hass en Antioquia. Ha participado en la escritura y publicación de artículos científicos y capítulos de nutrición y fertilidad en cultivos de frutas y hortalizas de clima frío moderado. Actualmente es el encargado del “Proyecto de desarrollo agroindustrial de las plantas aromáticas y condimentarias en el departamento de Antioquia”.

Pablo Julián Tamayo Molano

ptamayo@agrosavia.co

Ingeniero agrónomo de la Universidad Nacional de Colombia (sede Palmira), MSc en Fitopatología de la Universidad Federal de Viçosa (Brasil) con énfasis en resistencia genética de plantas. Ha trabajado en el área de identificación y manejo de enfermedades en cultivos de frutales, hortalizas, leguminosas, solanáceas y café.

Carlos Eduardo Orrego Alzate

ceorregoa@unal.edu.co

Ingeniero químico, especialista en Ciencias Físicas, especialista en Ciencia y Tecnología de Alimentos y PhD en Ciencias Químicas de la Universidad Nacional de Colombia. Ha trabajado en preservación y transformación de alimentos (frutas-vegetales), poscosecha, desarrollo de nuevos productos alimenticios, mejoramiento de procesos agroindustriales, biotecnología industrial, deshidrataciones (liofilización, secado por aspersión, secado convectivo asistido por ultrasonido), encapsulación de bioactivos, nuevos materiales (biopolímeros y fibras naturales), catálisis enzimática, y gestión de ciencia y tecnología. Actualmente es profesor titular en la Universidad Nacional de Colombia (sede Manizales) y director del Instituto de Biotecnología y Agroindustria de la misma institución, donde lidera proyectos de investigación nacionales e internacionales.

Natalia Salgado Aristizábal

nsalgadoa@unal.edu.co

Ingeniera química de la Universidad Nacional de Colombia, especialista en Desarrollo Agroindustrial de la Universidad de Caldas, especialista en Dirección de Producción y Operaciones y MSc en Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional de Colombia. Ha trabajado en el desarrollo de nuevos productos alimenticios, mejoramiento de procesos agroindustriales, deshidrataciones (liofilización, secado por aspersión), voz del consumidor y apoyo a la gestión de ciencia y tecnología. Actualmente trabaja como investigadora en la Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales.

Lady Joana Rodríguez

ljrodriguezs@unal.edu.co

Ingeniera industrial, MSc en Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional de Colombia. Ha trabajado en el aprovechamiento de residuos y nuevos materiales (biopolímeros y fibras naturales). Actualmente es candidata a PhD en Ingeniería Industrial y Organizaciones de la Universidad Nacional de Colombia.

Yeimy Alejandra Rodríguez

yearodriguezre@unal.edu.co

Ingeniera química, MSc en Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Colombia. Ha trabajado en biotecnología industrial, encapsulación de bioactivos y catálisis enzimática. Actualmente es candidata a PhD en Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Colombia.

John Díaz-Montaña

jdiazm@agrosavia.co

Ingeniero agrónomo de la Universidad Nacional de Colombia (sede Palmira); MSc en Entomología de la Universidad Estatal de Kansas (EE. UU.); PhD en Entomología de la Universidad de Cornell (EE. UU.); Estancia posdoctoral en la Universidad de California-Riverside (EE. UU.); Investigador posdoctoral asociado en el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA-ARS). Ha trabajado en el manejo integrado de insectos plaga, con énfasis en el estudio de la resistencia de plantas (fríjol, soya, cebolla y papa) y en el comportamiento de trips, áfidos, psílidos y psócidos. En la actualidad se encuentra trabajando en la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) como investigador asociado en la Red de Frutales y en diferentes temas entomológicos relacionados con los cultivos de aguacate, plátano, achira, lulo y mora, entre otros.

María Cristina García Muñoz

mcgarcia@agrosavia.co

Ingeniera química de la Universidad Nacional de Colombia, MSc en Tecnología de Alimentos de la Universidad de Wageningen (Holanda), con énfasis en desarrollo de procesos y productos. Es PhD de la Universidad de Montpellier SupAgro, con énfasis en biotecnología y microbiología. Ha trabajado en el manejo cosecha y poscosecha de mora, uchuva, lulo, tomate de árbol, granadilla, bananito, pitaya, gulupa y papaya; en procesos de mejoramiento para el beneficio de la caña panelera y cacao; y en estudios de metabolómica para el aprovechamiento de los compuestos funcionales presentes en la mora. Es líder del macro de mora de la Red de Frutales de AGROSAVIA y presidente del Comité Técnico de Normalización de Frutas, Hortalizas y Tubérculos Frescos.

Germán Andrés Aguilera Arango

gaguilera@agrosavia.co

Biólogo de la Universidad del Valle y magíster en Ciencias Biológicas (línea de investigación en biotecnología vegetal) de la Universidad Nacional de Colombia (sede Palmira). Con experiencia en investigación en las áreas de biotecnología, recursos fitogenéticos, producción vegetal, fitopatología, transferencia de tecnología y extensionismo rural, principalmente, en frutales de clima cálido y frío moderado como lulo, guanábana y coco. Actualmente lidera el proyecto “Identificación de nuevos cultivares de piña que ofrezcan diferentes opciones de uso tanto en fresco como en agroindustria para las principales zonas productoras de Colombia” y trabaja como investigador en el área de recursos genéticos en proyectos de granada, guayaba, mora y cebolla de rama.

Jorge Humberto Argüelles Cárdenas

jarguelles@agrosavia.co

Ingeniero agrónomo de la Universidad Nacional de Colombia, magíster en Estadística Experimental del Colegio de Posgraduados de México, con énfasis en métodos multivariados y diseño de experimentos. Ha trabajado en asesoría y consultoría para investigadores agropecuarios en aspectos relacionados con diseño de experimentos y métodos de muestreo, manejo de datos, análisis estadístico e interpretación de resultados. Ha sido catedrático en varias universidades en temas relacionados con diseño de experimentos y métodos estadísticos. Ha sido coautor de varias publicaciones en temas relacionados con la aplicación de la estadística en la investigación agropecuaria. Actualmente es investigador máster asociado del Grupo de Estadística de la Dirección de Investigación y Desarrollo, con sede en el Centro de Investigación La Libertad (Villavicencio-Meta).

Alegría Saldarriaga Cardona

asaldarriaga@agrosavia.co

Ingeniera agrónoma de la Universidad Nacional de Colombia (sede Medellín), magíster en Fitopatología de la Universidad de Caldas (Colombia). Ha trabajado en el diagnóstico de fitopatógenos de importancia económica en el trópico, en el manejo integrado de enfermedades de frutales (mora, tomate de árbol, lulo, uchuva y plátano) y de hortalizas de clima frío moderado, en investigación en antracnosis (*Colletotrichum* spp.) en mora y tomate de árbol, y en transferencia de tecnología a grupos de interés.

Luz Adriana Vásquez Gallo

lvasquez@agrosavia.co

Administradora de empresas agropecuarias del Politécnico Jaime Isaza Cadavid, MSc en Gerencia de Programas Sanitarios en Inocuidad de Alimentos de la Universidad para la Cooperación Internacional (Costa Rica). Ha trabajado en la caracterización de diferentes sistemas de producción (aguacate, mora, lulo, tomate de árbol y fique), en la caracterización morfológica de aguacate y mango, en inocuidad de frutas (específicamente en la identificación y caracterización de los peligros) y en procesos de buenas prácticas agrícolas en diferentes cultivos. Actualmente está asociada a la Red de Hortalizas y Plantas Aromáticas de AGROSAVIA.

Ana Elizabeth Díaz-Montilla

aediaz@agrosavia.co

Ingeniera agrónoma de la Universidad de Nariño, magíster y doctora en Ciencias Agrarias, con énfasis en entomología, de la Universidad Nacional de Colombia (sede Bogotá). Cuenta con experiencia en diseño de programas de manejo integrado de plagas en frutas y hortalizas tropicales, en programas de ecología y genética de poblaciones de insectos plaga con énfasis en el perforador del fruto de las solanáceas *Neoleucinodes elegantalis* (Lepidoptera: Crambidae). Actualmente es investigadora líder del macroproyecto financiado por el SGR Nariño “Fortalecimiento del sector panelero mediante investigación e innovación agrícola y agroindustrial en el departamento de Nariño”.

Juan Camilo Henao Rojas

jhenao@agrosavia.co

Ingeniero de alimentos y MSc en Ingeniería de Alimentos de la Universidad de Caldas (Colombia), con énfasis en Biotecnología. Ha trabajado en manejo cosecha y poscosecha de mora, plátano y lulo; en establecimiento de criterios de cosecha y calidad en el cultivo de aguacate; en estudios de metabolómica no dirigida para la determinación de biomarcadores asociados a la salud en uchuva; en bioprocesos sólidos y líquidos; cultivo y poscosecha de macromicetos; tecnología enzimática; aprovechamiento de residuos agropecuarios y agroindustriales; modelamiento matemático de sistemas biológicos y análisis bioestadístico. Actualmente se desempeña como investigador máster de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) y pertenece a la red de conocimiento en frutales de esta misma institución. Adicionalmente lidera procesos de poscosecha y transformación en aliáceas, zanahoria, hortalizas promisorias y frutales de clima frío moderado.

Mónica Betancourt Vásquez

mbetancourt@agrosavia.co

Ingeniera agrónoma de la Universidad de Caldas, diploma de Estudios Avanzados en Biotecnología y Microorganismos Asociados y PhD en Ciencias Agrarias de la Universidad Politécnica de Madrid. Cuenta con experiencia en diagnóstico y caracterización biológica y molecular de patógenos de plantas, en epidemiología, evolución de virus de plantas y manejo integrado de enfermedades en los cultivos de mora, plátano, maracuyá, tomate de árbol, lulo, caña de azúcar y papa.

Erika Patricia Martínez Lemus

emartinezl@agrosavia.co

Bacterióloga de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, magíster en Microbiología de la Pontificia Universidad Javeriana, con énfasis en fitopatología. Experiencia en la investigación de epidemiología y manejo de enfermedades, identificación de agentes causales, dinámica espaciotemporal y búsqueda de alternativas de manejo preventivo en frutales (mango, maracuyá, gulupa, granadilla, mora, tomate de árbol y cítricos), hortalizas (cebolla de rama y tomate) y papa.

Yimmy Alexander Zapata Narváez

jzapatan@agrosavia.co

Microbiólogo agrícola de la Pontificia Universidad Javeriana, MSc en Agrociencias de la Universidad de La Salle, con énfasis en agricultura sustentable. Ha trabajado en manejo integrado de enfermedades con énfasis en el uso de agentes de control biológico en cultivos de mora, fresa, tomate y lechuga; así como en procesos de desarrollo de bioplaguicidas con énfasis en biofungicidas.

Camilo Rubén Beltrán Acosta

cbeltran@agrosavia.co

Biólogo de la Universidad Nacional de Colombia, magíster en Ciencias Biológicas de la Pontificia Universidad Javeriana, con énfasis en biotecnología vegetal. Cuenta con experiencia en las áreas de fitopatología, control biológico, manejo integrado de enfermedades, biología y biotecnología vegetal. Ha trabajado en el manejo integrado de enfermedades en cultivos como papa, uchuva, lechuga, tomate, ajo, mora, fresa, cacao y fique.

Germán Alonso Antía Londoño

gerantial@misena.edu.co

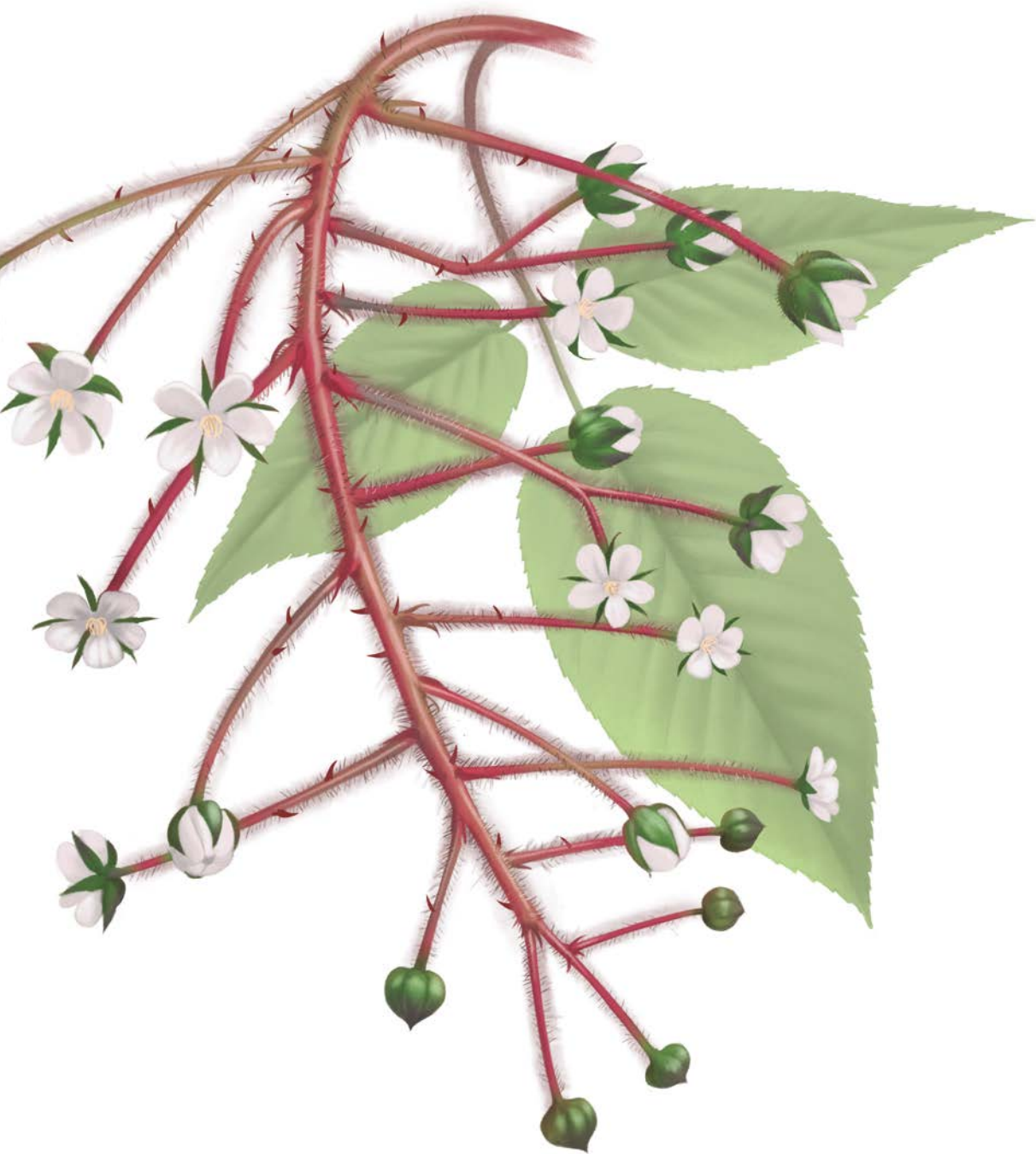
Ingeniero agrónomo de la Universidad de Caldas, especialista en Cosecha, Poscosecha y Comercialización de Frutas y Verduras de la Universidad Católica de Oriente; y especialista en Gestión de Proyectos de Investigación Aplicada de la Universidad de Manizales (Fundación Cinde). Cuenta con más de 34 años de experiencia en docencia en el área agrícola, precosecha, cosecha y poscosecha de frutas y hortalizas. Ha elaborado y ejecutado diversos proyectos de fortalecimiento institucional para asociaciones de productores en temas como implementación de buenas prácticas agrícolas en mora; transferencia de tecnología en frutales; y alianzas productivas en mora, plátano, cacao, caña panelera y cafés especiales. Ha participado en el diseño de módulos para formación profesional por competencias laborales del sena como los siguientes: *Establecimiento de frutas y hortalizas*, *Adecuación de terrenos para frutas y hortalizas* y *Trabajador calificado de explotaciones agropecuarias*. Es coautor de publicaciones sobre la mora como *Buenas prácticas agrícolas (BPA): manejo poscosecha y comercialización* y *Capacitación en manejo de poscosecha*, así como del video *La mora, una alternativa de desarrollo*.

Alba Marina Cotes Prada

amcotes@agrosavia.co

Doctora en ciencias agronómicas con énfasis en fitopatología de la Universidad de Lieja (Bélgica), magíster en Biotecnología Agrícola de esta misma universidad y en Microbiología de la Universidad de los Andes (Colombia). Licenciada en Biología y Química de la Universidad Libre. Sus áreas de acción profesional se enfocan en control biológico, desarrollo de bioplaguicidas, manejo integrado de plagas y biodiversidad microbiana. Actualmente es investigadora PhD emérita de AGROSAVIA y consultora sénior.









La mora es una fruta de alta demanda para consumo en fresco y uso agroindustrial, debido a su exquisito sabor, sus múltiples usos y sus cualidades biofuncionales. En Colombia, este cultivo es muy dinámico: en los últimos 10 años, el área sembrada se incrementó en un 12 % y su producción aumentó el 24 %. Además, constituye el ingreso de al menos 20.000 pequeños productores de economía campesina, quienes se enfrentan a diversas dificultades por no disponer de la tecnología adecuada.

Frente a este panorama, esta obra se propone orientar a los productores para un manejo más tecnificado y consecuente con las condiciones requeridas para una óptima producción. Dentro de los temas abordados, se destacan las características socioeconómicas de los productores, el origen del fruto, su taxonomía, su morfología, las variedades, las condiciones climáticas y de suelo, los sistemas de propagación, el manejo agronómico, el manejo de arvenses, la aplicación de poda y tutorado, la fertilización, el manejo de plagas y enfermedades, las buenas prácticas agrícolas, cosecha y poscosecha, su agroindustria y los costos de producción.

Estos contenidos son el resultado de múltiples investigaciones, revisión de la literatura disponible y transferencia de tecnología e innovación adelantados por un grupo multidisciplinario de investigadores de AGROSAVIA y de otras entidades, así como de productores exitosos. Se espera contribuir, así, a mantener y mejorar la productividad de forma sostenible, a generar productos inocuos, de calidad y con valor agregado, cuyos beneficios económicos y sociales se puedan distribuir de manera equitativa en la cadena productiva.

www.agrosavia.co



BIBLIOTECA AGROPECUARIA DE COLOMBIA

ISBN obra digital:
978-958-740-325-1

CORREO: bac@agrosavia.co

TELÉFONO: (57 1) 422 73 00 EXT. 1257 o 1274

SKYPE: [biblioteca.agropecuaria](https://www.skype.com/join/biblioteca.agropecuaria)

Distribución gratuita
Prohibida su venta