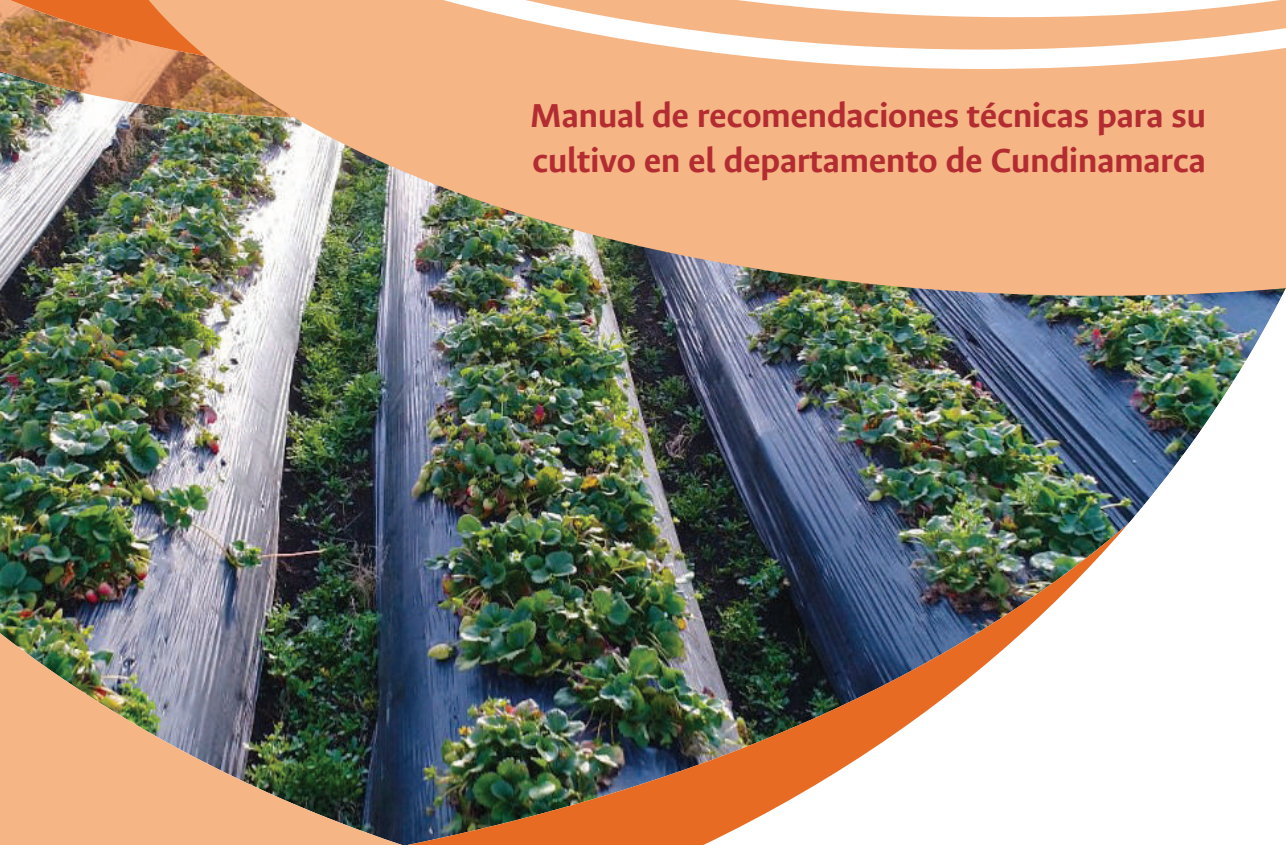


Fresa

(*Fragaria* × *ananassa* Duch.)

Manual de recomendaciones técnicas para su cultivo en el departamento de Cundinamarca



John Fabio Acuña Caíta

Fresa

(*Fragaria* × *ananassa* Duch.)

Fresa

(*Fragaria* × *ananassa* Duch.)

Manual de recomendaciones técnicas para su cultivo en el departamento de Cundinamarca

John Fabio Acuña Caíta

Gerhard Fischer



Fresa (*Fragaria* × *ananassa* Duch.): Manual de recomendaciones técnicas para su cultivo en el departamento de Cundinamarca / John Fabio Acuña Caita y Gerhard Fischer – Bogotá, D. C. : Corredor Tecnológico Agroindustrial, CTA-2, 2020.

92 páginas ; ilustraciones ; 24cm.

Incluye referencias bibliográficas.

ISBN-e: 978-958-794-352-8

ISBN obra impresa: 978-958-794-351-1

PALABRAS CLAVE: Manejo y conservación de suelos, Selección de semilla de fresa, Manejo eficiente de la fertilización integrada en fresa, Manejo agronómico del cultivo de fresa, Cosecha y poscosecha del cultivo de fresa, Costos de producción del cultivo de fresa

CORREDOR TECNOLÓGICO AGROINDUSTRIAL CTA-2
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, SEDE BOGOTÁ
Calle 44 N.º 45-67
Unidad Camilo Torres
Edificio 826 Bloque A-1
Oficina 101
Teléfono (57-1) 316 5000 Extensión 10248
Bogotá, D. C. Colombia
Código postal: 111321

Impreso en Bogotá, D. C., Colombia
Printed in Bogota, D. C., Colombia

PREPARACIÓN EDITORIAL
Mesa Editorial
Corredor Tecnológico Agroindustrial CTA-2

GESTOR DE CONTENIDOS:
Luis Gabriel Bautista Montealegre

DISEÑO Y DESARROLLO CONTXT:
Andrés Conrado Montoya Acosta

CITACIÓN SUGERIDA: Acuña-Caita, J. y Fischer, G. (2020). Fresa (*Fragaria* × *ananassa* Duch.): Manual de recomendaciones técnicas para su cultivo en el departamento de Cundinamarca. Bogotá, D. C.: Corredor Tecnológico Agroindustrial CTA-2.

CLÁUSULA DE RESPONSABILIDAD: CTA-2 no es responsable de las opiniones e información contenidas en el presente documento. Los autores se adjudican exclusiva y plenamente la responsabilidad sobre su contenido, ya sea propio o de terceros, declarando en este último supuesto que cuentan con la autorización de terceros para su publicación; adicionalmente, los autores declaran que no existe conflicto de interés 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 hubieran vulnerado como resultado de su contribución.



Esta obra se distribuye con una licencia *Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International* (CC-BY-SA 4.0)
Se puede consultar en la dirección <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.es>

*Dedicado a todas las personas
que trabajan la tierra*

Corredor Tecnológico Agroindustrial CTA-2

Entidad Ejecutora:

Gobernación de Cundinamarca

Nicolás García Bustos

Gobernador

Comité Directivo

Gobernación de Cundinamarca

Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación

Nelly Yolanda Russi Quiroga

Secretaria de Ciencia, Tecnología e Innovación

Alcaldía Mayor de Bogotá, D. C.

Secretaría Distrital de Desarrollo Económico

César Augusto Carrillo Vega

Director de Economía Rural y Abastecimiento Alimentario

Universidad Nacional de Colombia

Vicerrectoría de Investigación

Hernando Guillermo Gaitán Duarte

Director de Investigación y Extensión Sede Bogotá

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria

Centro Tibaitatá

Juan Diego Palacio Mejía

Director

**Comité Técnico Científico
Corredor Tecnológico Agroindustrial CTA-2**

Gobernación de Cundinamarca

Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación

John Jairo González Rodríguez

Alcaldía Mayor de Bogotá, D. C.

Secretaría Distrital de Desarrollo Económico

Andrea Campuzano Becerra

Universidad Nacional de Colombia

Dirección de Investigación y Extensión – Sede Bogotá

Bethsy Támara Cárdenas Riaño

Jefe de la División de Investigación

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria

Centro Tibaitatá

Carlos Alberto Herrera Heredia

Coordinación de Innovación Regional

Directora de proyecto

Ingritts Marcela García Niño

Supervisor

Diego Mauricio Salas Ramírez

El Corredor Tecnológico Agroindustrial (CTA) es una estrategia de cooperación entre Estado, sector productivo y academia, en la cual participan actores directivos del sector agropecuario y agroindustrial de Cundinamarca y Bogotá, D. C., con el fin de aunar esfuerzos en actividades de desarrollo y fortalecimiento de la ciencia, la tecnología y la innovación. Sus capacidades están orientadas a la formulación y ejecución de proyectos de carácter investigativo, que permitan la transferencia tecnológica al sector agropecuario y agroindustrial.

El presente documento es resultado del Subproyecto “Investigación, desarrollo y transferencia tecnológica en sistemas de producción de frutas (fresa) en zonas productoras representativas de Cundinamarca”, desarrollado en el marco del Corredor Tecnológico Agroindustrial CTA-2, Proyecto “Investigación, desarrollo y transferencia tecnológica en el sector agropecuario y agroindustrial con el fin de mejorar todo el departamento, Cundinamarca, Centro Oriente”, suscrito por la Gobernación de Cundinamarca, a través de la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación; la Alcaldía de Bogotá, a través de la Secretaría Distrital de Desarrollo Económico; la Universidad Nacional de Colombia, y la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA, antes Corpoica). El Corredor Tecnológico Agroindustrial CTA-2 es financiado con recursos del Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sistema General de Regalías.

Contenido

Introducción	15
Diagnóstico del sistema productivo	17
Generalidades del cultivo	21
Producción y mercados	21
Materiales de siembra	23
Descripción botánica y ciclo del cultivo	23
Edafoclimatología	27
Suelos y precipitación	27
Temperatura y altitud	27
Manejo agronómico	29
Establecimiento del cultivo	29
Manejo integrado de la fertilización	38
Manejo integrado de plagas	50
Manejo integrado de enfermedades	59
Polinización en el cultivo de fresa	65

Cosecha y poscosecha	71
Precosecha	72
Cosecha	74
Poscosecha	76
Costos de producción	79
Referencias bibliográficas	81

Agradecimientos

Colaboradores:

Beatriz Helena Rojas
Jessica Vargas Cruz
Giovanna Quintero Arias
Carlos Mario Grijalba
Holman Mauricio Albarracín
Andrés Alejandro Castro
Manuel Fernando Vergara
Yudy Cristina Chacón
Luis Ramón Díaz Garizao
David López Valencia
Julián David Duarte
Manuel Ricardo Sánchez

Estudiantes de apoyo:

Daniel Ricardo Wiesner
Edna Yamile Alayon
Sixto Javier Sandoval
José Julián Carrasco

Introducción

El Programa de Transformación Productiva (PTP), que está concebido como una herramienta del Gobierno para promover la productividad y la competitividad de las empresas colombianas, ha priorizado siete productos del sector hortofrutícola, entre los cuales se encuentra la fresa, debido a que es un fruto promisorio con una alta probabilidad de ser exportable. Dicho programa tiene como visión que para el 2030 Colombia se catalogue como uno de los principales exportadores de fresa a nivel mundial, con producciones que superen las 100 000 toneladas; sin embargo, debe superar diferentes retos para lograrlo.

Considerando lo anterior, en el marco del proyecto del Corredor Tecnológico Agroindustrial CTA-2 y el subproyecto “Investigación y desarrollo tecnológico para los sistemas de producción de frutas (fresa y mora) en zonas productoras representativas de Cundinamarca” (que en adelante se denominará Subproyecto Fresa y Mora), se realizó la instalación de las Parcelas de Investigación Participativas Agropecuarias (PIPA), con el objetivo de fortalecer las cadenas productivas de fresa y mejorar sus niveles de desarrollo mediante la investigación, desarrollo (I+D) y transferencia tecnológica, en los componentes de manejo de cultivo a través de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), el uso de abejas en la polinización y el diseño de soluciones tecnológicas de cosecha y poscosecha para mejorar los niveles de competitividad de los productores en las zonas representativas de Cundinamarca.

Por otro lado, el desarrollo del Subproyecto Fresa y Mora permitió la elaboración del presente manual, recomendado para las condiciones productivas del

departamento de Cundinamarca. Sin embargo, las recomendaciones incluidas pueden llegar a ser validadas y adaptadas a otras zonas agroecológicas donde se adelanta la producción de este frutal.

Diagnóstico del sistema productivo

El Subproyecto Fresa y Mora se desarrolló para el primer producto en los municipios de Sibaté, Facatativá, Guasca y Mosquera, los cuales se encuentran entre los municipios considerados como los principales productores en el departamento (DANE, 2016). En dichos municipios se adelantó, en el marco del subproyecto, un análisis del sistema productivo de la fresa, con el fin de evaluar el estado de dicho cultivo en el departamento de Cundinamarca para proponer opciones tecnológicas que pudieran ser adoptadas por los agricultores en las zonas productoras. Se realizó la visita a más de 200 predios productores, encuestando a los propietarios, arrendatarios o responsables de los cultivos, para obtener información del estado actual de la producción.

Según los principales resultados obtenidos en el diagnóstico, se pudo constatar que la producción de fresa en los municipios priorizados es adelantada en su mayoría por pequeños productores en lotes arrendados de menos de 1,5 hectáreas, mientras que alrededor de 33 % de ellos manifiesta ser propietario de un terreno, ya sea propio o familiar. En este sentido, 22 % de los productores llevan menos de dos años cultivando sus predios, lo que indica que son agricultores que se encuentran incursionando en la producción de fresa.

Al analizar la pertenencia a asociaciones y a pesar de que en el departamento se reportan varias entidades, asociaciones y federaciones –ya sea a nivel regional, departamental o nacional–, son muy pocos los productores miembros de ellas, debido en gran parte a motivos económicos. En los municipios abordados por el Subproyecto Fresa y Mora se pudo observar que la movilidad y el transporte

de la producción de fresa en el 58 % de las fincas encuestadas se realiza a través de caminos sin pavimentar, contrastando con un 41 % de fincas que poseen caminos pavimentados y el 1 % cuyo acceso se realiza a través de caminos de herradura.

En cuanto a la edad de los cultivos y su establecimiento, los agricultores manifestaron que la antigüedad de los mismos en sus fincas fluctúa entre 2 y 30 meses, con un promedio de 16 meses. En los municipios sobresale la siembra de la variedad Albión, seguida por las variedades Monterrey y Ventana, las cuales se obtienen mediante compra a las casas comerciales y/o personas que venden los estolones¹, obtenidos de plantas hijas a partir de procesos de estolonización. El material seleccionado para ser trasplantado a campo es sometido en su mayoría a tratamientos químicos de desinfección (82 %), mediante la aplicación de uno o varios pesticidas al suelo o a la raíz al momento de siembra. El 5 % de los encuestados afirma desinfectar aplicando productos biológicos, mientras que el 13 % no realiza ningún proceso de desinfección.

Los rendimientos encontrados en la mayoría de los municipios se encuentran por debajo del promedio óptimo nacional, cercano a las 35 toneladas por hectárea. Esta tendencia muy seguramente está ligada a la falta de disponibilidad de agua en las zonas de Guavio y Soacha. Por otra parte, la región occidental de la sabana de Bogotá reportó un rendimiento actual ligeramente mayor a este valor por área de producción y por planta, lo cual es producto de una mayor disponibilidad de agua para los cultivos en comparación con las otras zonas.

En lo que compete al manejo de los recursos de suelo y agua, el sistema de riego más utilizado es la cinta de riego, por su facilidad de empleo y por su costo, comparada con otros métodos como la aspersión o la microaspersión. El 91 % de los más de 200 productores encuestados mencionaron contar con acceso al recurso hídrico. Por otro lado, solo el 33 % de los productores realiza análisis del agua empleada para el riego en sus fincas. La totalidad de productores encuestados utiliza acolchado (cubierta protectora) de color negro, aunque en el

¹ Los estolones son un material vegetativo de reproducción asexual. Se trata de un brote lateral que nace en la base del tallo de algunas plantas herbáceas y que crece horizontalmente con respecto al nivel del suelo. Posee nudos que forman posteriormente raíces y, de allí, nuevas plantas.

municipio de Sibaté se encuentran varios cultivos con acolchados blancos. De acuerdo con lo anterior, la renovación del acolchado depende en gran parte de la renovación del cultivo, por razones de facilidad y costos. Por estas mismas razones, muchos productores prefieren reutilizar el acolchado que comprar uno nuevo ya que cuando se es cuidadoso el plástico no se maltrata.

En el componente fitosanitario, el 56% de los productores afirma que las principales plagas que afectan sus cultivos son los ácaros, seguidos por las chizas y, en algunos casos, el ataque de pájaros que perjudican la calidad de los frutos. En cuanto a enfermedades, el 36% de los productores consideran la pudrición de la fruta (*Botrytis cinerea*) como el patógeno más limitante, seguido de la antracnosis (*Colletotrichum acutatum*) con un 30%. Para el manejo fitosanitario de los cultivos, el 51% de los agricultores recurren a la aplicación de plaguicidas tipo calendario, el 42% lo hace de acuerdo a la dinámica del problema mediante monitoreos visuales, mientras que el 7% de los productores indican combinar las dos técnicas mencionadas.

Finalmente, el indicador de madurez usado por el 100% de los productores de fresa para realizar la cosecha es el color. Para ello los productores manifiestan realizar el proceso de cosecha cuando la fruta cuenta con aproximadamente un 75% de madurez. Para el caso de las actividades poscosecha, el 97% de los productores lleva la fruta al centro de acopio ubicado en la finca y tan solo el 3% la deja en el lote. Más de la mitad de los productores (52%) realizan el proceso de clasificación, selección y pesaje de los frutos cosechados, seguido por un 12% de productores que únicamente realizan clasificación y selección. Los procesos de clasificación, selección, empaque, pesaje y almacenamiento representan cada uno el 11% de los productores, mientras que un bajo porcentaje de productores realiza la limpieza de los frutos durante la poscosecha.

Para estas actividades, el 95% de los productores utilizan canastillas de 16 libras para el proceso de comercialización de los frutos. Este tipo de empaque es el más utilizado debido a que la mayoría de agricultores venden su producción a intermediarios, que luego la comercializan en la central mayorista de Corabastos; de esta manera se facilita su transporte aunque no sea este el más adecuado. De acuerdo con esto, el 58% de los productores de fresa realiza la comercialización con intermediarios dentro de sus fincas, el 24% realiza la venta directa sin

intermediarios en sus fincas, mientras que el 18 % manifiesta realizar la comercialización con tiendas tipo fruver, industrias, tiendas de barrio y restaurantes, entre otras.

Una vez completada la fase de diagnóstico en el desarrollo del Subproyecto Fresa y Mora, se formalizaron convenios para la instalación de cuatro PIPA. Para la selección de las posibles fincas en donde se establecería cada PIPA en los municipios de Facatativá, Guasca y Sibaté, se tuvieron en cuenta aquellas que fueran representativas de las zonas de estudio, donde las asociaciones de productores manifestaran su interés en el montaje para validar las tecnologías nuevas y compararlas con las tradicionales, y donde la comunidad tuviera facilidad de acceso para las capacitaciones y talleres.

Por otro lado, el establecimiento de una PIPA en el Centro Agropecuario Marengo, en el municipio de Mosquera, se decidió debido a la infraestructura, experimentos y parcelas disponibles cultivadas con fresa, lo cual brindó una ventaja comparativa al momento de realizar las actividades de transferencia de conocimiento a los productores vinculados. Adicionalmente se facilitó la realización de trabajos de investigación e innovación, que apoyaron la formación de estudiantes de pregrado y posgrado.

Es así como las PIPA fueron implementadas en la vereda Los Manzanos del municipio de Facatativá, en las cabeceras municipales de Guasca y Sibaté, y en el Centro Agropecuario Marengo, perteneciente a la Universidad Nacional de Colombia (sede Bogotá), el cual se encuentra ubicado en el municipio de Mosquera. Gracias a los trabajos desarrollados en estas parcelas, tanto la implementación de las tecnologías mostradas por el proyecto como la apropiación por parte de los productores resultaron más eficientes. Se resalta la implementación de macrotúneles para fresa en Sibaté o el uso de doble cinta de riego y un manejo eficiente del agua, reduciendo el consumo en algunos casos hasta en un 40 %.

Generalidades del cultivo

Producción y mercados

La fresa (*Fragaria × ananassa* Duch.) es una planta perteneciente a la familia Rosaceae. Durante el año 2012, a nivel mundial se produjeron 4,6 millones de toneladas. El principal productor fue Estados Unidos con 1 366 850 t, seguido por México con 360 426 t, Turquía con 353 173 t, España con 289 900 t y Egipto con 242 297 t. Para el año 2013 los principales países importadores fueron Reino Unido con 470 770 t, Canadá con 123 463 t, Estados Unidos con 110 457 t, Francia con 90 587 t y Holanda con 28 937 t (Cámara de Comercio de Bogotá [CCB], 2015).

En 2013 se registró un acopio de 23 140 t de fresa y en el 2014 de 25 370 t, lo que representa un aumento del 9,64 % (DANE, 2013). Cundinamarca presentó una participación de 64,98 % en 2013 y 65,63 % en 2014; para los mismos años la participación de Antioquia fue de 11,28 % y 12,88 % y la de Norte de Santander fue de 11,5 % y 10,93 %, respectivamente. Dicha tendencia en el porcentaje de participación por departamento mantuvo el mismo orden registrado por Agronet (DANE, 2016), aunque con porcentajes diferentes. Es así como de acuerdo a lo reportado en el portal de Agronet (2014) la producción de fresa en el país durante 2014 fue de 43 778 t, en un área cosechada de 1241 ha, lo que representa un rendimiento promedio de 35,28 t/ha. En dicho periodo el departamento de Cundinamarca reportó mayor participación en la producción con un 52,2 %, seguido por Antioquia y Norte de Santander, con un 28,7 % y 8,6 %, respectivamente.

Por su parte, la Cámara de Comercio de Bogotá reporta que en Colombia para el año 2015 se produjeron 42 453 t de fresa, con Cundinamarca como el departamento con mayor producción (22 562 t), seguido por Antioquia (12 545 t), Norte de Santander (3360 t), Cauca (2808 t) y Boyacá (542,2 t) (CCB, 2015).

De acuerdo con lo anterior, en Cundinamarca se registran 21 municipios con producción de fresa (Tabla 1) y su producción se concentra en los municipios de Sibaté, Chocontá, Facatativá y Soacha. Es posible alcanzar un buen rendimiento gracias a la continua producción durante el año, con picos de cosecha que se presentan aproximadamente cada tres meses y que son característicos de los trópicos altos en Suramérica (CCB, 2015). Los municipios de este departamento que aportaron en mayor proporción al acopio en las centrales mayoristas

Tabla 1 Producción de fresa en el departamento de Cundinamarca (t/ha)

Municipio / Año	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Albán	15,0	15,0	15,7	18,0	18,0	12,5	12,5	84,0
Cajicá	40,0	40,0	20,0	-	-	-	-	-
Chocontá	46,9	46,9	48,4	50,0	38,8	49,2	48,9	48,3
El Rosal	23,6	20,0	14,0	26,0	30,0	30,0	30,0	30,0
Facatativá	31,9	30,0	28,8	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
Funza	-	-	-	-	-	20,0	30,0	46,0
Fúquene	22,2	32,0	-	50,0	50,0	-	-	105,0
Guachetá	-	30,0	44,0	24,0	42,0	28,0	20,0	20,0
Guasca	45,0	40,0	59,6	35,0	40,0	30,0	45,0	45,0
Guatavita	-	-	-	14,5	-	-	-	-
Nemocón	15,0	-	-	-	-	-	-	-
Sibaté	30,0	30,0	60,0	40,0	67,5	67,5	62,0	62,0
Simijaca	-	9,3	20,0	20,0	18,0	17,0	17,0	17,0
Soacha	37,8	35,0	35,0	25,0	30,0	30,0	30,0	30,0
Sopó	-	45,0	50,0	16,5	6,5	20,0	10,0	10,0
Suesca	37,5	25,4	25,4	25,0	50,0	50,0	45,0	40,0
Susa	-	-	-	-	9,0	-	-	-
Tocancipá	26,2	26,25	30,0	25,0	-	-	-	-
Ubaté	24,0	24,0	25,8	24,0	-	16,0	-	-
Villapinzón	21,7	21,5	34,0	30,0	20,0	40,0	40,0	40,0
Zipacón	-	-	-	-	-	26,0	25,5	24,0

Fuente: Elaboración propia con información del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2016).

durante 2013 y 2014 fueron Facatativá, Chocontá y Sibaté (CCB, 2015). Según las estadísticas de Agronet (2014), en los últimos cinco años la producción de fresa en Cundinamarca estuvo representada principalmente por los municipios de Sibaté, Facatativá, Chocontá, Guasca, Soacha y El Rosal.

Por otro lado, el rendimiento de la producción de fresa en las zonas estudiadas en el proyecto se encuentra alrededor de las 30 t/ha, con un ligero aumento de la productividad en los últimos años. Sin embargo, este rendimiento se ha visto afectado en parte por el efecto de eventos climáticos.

Materiales de siembra

La fresa es una planta herbácea, perenne, perteneciente a la familia de las rosáceas del género *Fragaria*. De esta se destacan las variedades Albión y Monterrey (Figura 1). La variedad Albión es altamente adaptable a la mayoría de condiciones en el trópico, presenta un alto consumo de agua y resistencia a condiciones de estrés abiótico, con buenas características de calidad, como tamaño, sabor y firmeza, y prolongada vida poscosecha (Flórez y Mora, 2010). La variedad Monterrey presenta adaptación a condiciones entre semiáridas y subtropicales, cuenta con frutos menos firmes que los de la variedad Albión y presenta susceptibilidad al mildew polvoso. Adicionalmente, se reconocen variedades promisorias como Sweet Ann, Lucía, Sabrina y Scarlet, de las cuales no se conoce mucha información sobre su crecimiento y potencial de producción en el país.

Descripción botánica y ciclo del cultivo

La fresa es considerada como una especie hortícola de tipo herbáceo; no obstante, es una especie leñosa y perenne por su sistema de crecimiento, dado que constantemente forma tallos nuevos que le permiten a la vez permanecer viva indefinidamente (Ruíz y Piedrahita, 2012).

La planta posee un sistema radicular fasciculado constituido por raíces y raicillas; las primeras hacen el papel de soporte, las secundarias tienen la función de absorber los nutrientes y almacenar los materiales o sustancias de reserva.

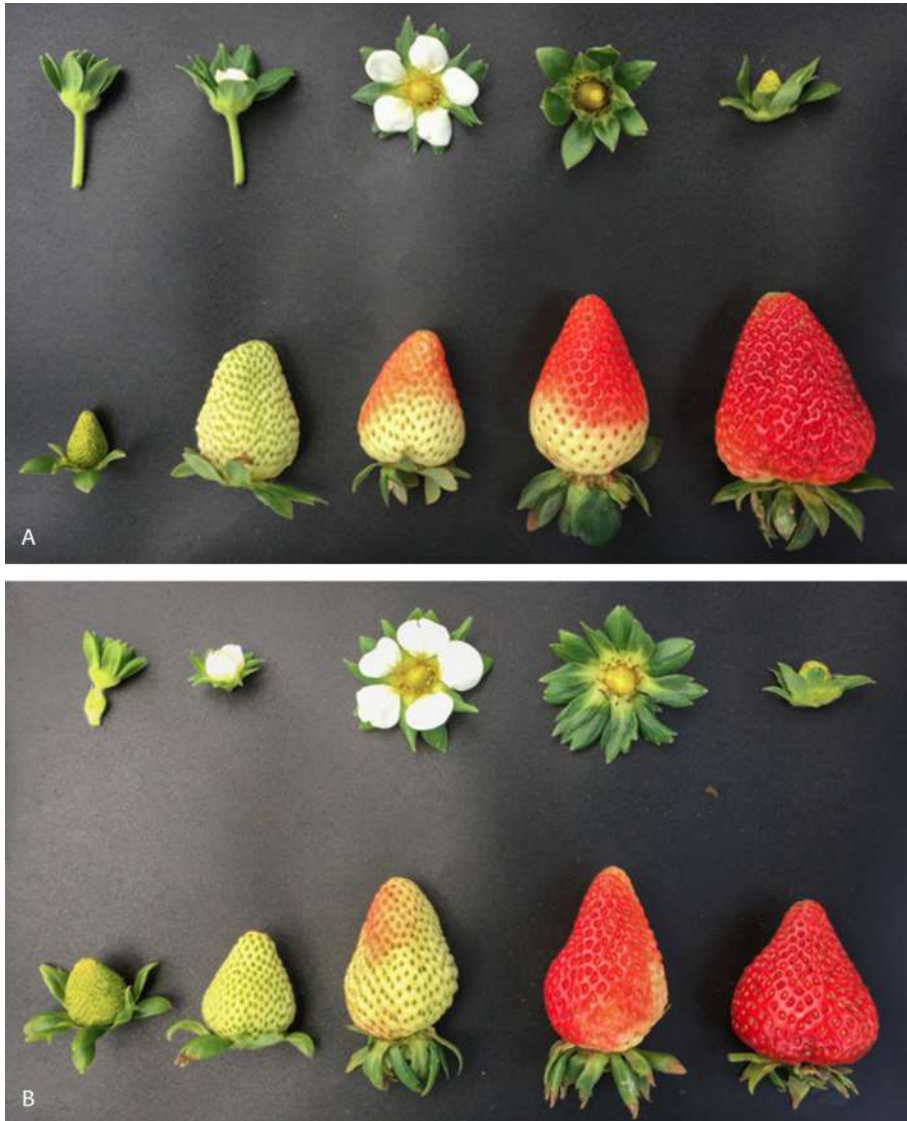


Figura 1 a) Fresa variedad Albión. b) Fresa variedad Monterrey.
Fuente: Equipo CTA-2, Subproyecto Fresa y Mora (2018).

Las raicillas sufren un proceso de renovación fisiológico, aunque influenciado por factores ambientales y por patógenos del suelo, entre otros, que rompen el equilibrio (Akhatou, González-Domínguez y Fernández-Recamales, 2016). La profundidad del sistema radicular es muy variable dependiendo, entre otros factores, del tipo de suelo y la presencia de patógenos en él. Las raíces no sobrepasan los 40 cm de profundidad, y la mayor parte (90%) se encuentran en los primeros 25 cm.

El tallo está constituido por un eje corto de aspecto cónico denominado corona. En él se observan numerosas escamas foliares; a partir de la semilla, crece lentamente formando hojas en cuyas axilas crecen las yemas que darán origen a los estolones e inflorescencias. Los estolones o guías son un brote largo rastrero que se forma a partir de las yemas axilares de las hojas situadas en la base de la corona (Casierra-Posada y Vargas, 2007), y constituyen el método más fácil de propagación de estas plantas.

Las hojas aparecen en roseta sobre la corona; suelen ser largamente pecioladas, provistas de dos estípulas rojizas, y su limbo está dividido en tres folíolos de bordes aserrados y con el envés recubierto de pelos. Tienen un gran número de estomas (300-400/mm²), por lo que pueden perder gran cantidad de agua por transpiración.

Por su parte, las flores pueden ser perfectas (hermafroditas), con órganos masculinos y femeninos, o imperfectas con un solo órgano masculino o femenino. Son de color blanco, tienen de cinco a seis pétalos, de 20 a 35 estambres y varios cientos de pistilos sobre un receptáculo carnoso. Cada óvulo fecundado da lugar a un fruto de tipo aquenio. El desarrollo de los aquenios, distribuidos por la superficie del receptáculo carnoso, estimula el crecimiento y la coloración de este, y da lugar al 'fruto'.

Su fruto es un poliaquenio, conocido botánicamente como eterio, en el que la parte comestible es el receptáculo que aloja numerosos aquenios. La forma es diversa de acuerdo a la variedad (cónica, globulosa o esférica). El color en la madurez varía desde rosa claro hasta violeta oscuro (Calderón, 2014).

Las plantas obtenidas por semilla pueden iniciar su floración a los ocho o nueve meses, mientras que aquellas obtenidas por estolones florecen a partir de los

cuatro o cinco meses (Calderón, Angulo, Rodríguez, Grijalba y Pérez, 2013). Las plantas obtenidas a partir de hijuelos inician su desarrollo a partir de uno o dos meses desde la plantación. Para el caso de la fructificación, normalmente el proceso de polinización se da por la intervención de insectos y del viento. Para la fructificación no existen requerimientos especiales de frío ni fotoperiodo; se pueden plantar durante todo el año y, dependiendo de la variedad y del tipo de planta, a los noventa días inicia su producción.

Edafoclimatología

Suelos y precipitación

En relación con la nutrición y crecimiento de los cultivos de fresa, la textura, estructura, pH, conductividad eléctrica y capacidad de intercambio catiónico son consideradas como las propiedades físicas y químicas más importantes del suelo (Velázquez-Machuca, 2009). En este sentido, la fresa se adapta bien a suelos con texturas sueltas de alto contenido de materia orgánica y un pH entre 5,5 y 6,5; sin embargo, las plantas necesitan humedad constante en el suelo, requiriendo para ello de 700 a 900 mm de precipitación anual (Ruíz y Piedrahita, 2012).

Por otro lado, la humedad relativa promedio estable para el cultivo de fresa se debe mantener entre 60 y 75 %. Cuando estos valores se ven alterados se debe proceder a llevar un control más riguroso en el manejo agronómico, haciendo especial énfasis en el monitoreo de patógenos fúngicos como el moho gris (*Botrytis cinerea*), el mildew polvoso (*Sphaerotheca pannosa*) y la antracnosis (*Colletotrichum acutatum*) (Grijalba, 2015).

Temperatura y altitud

Las plantas de fresa se adaptan a diferentes condiciones agroclimáticas, con altitudes desde los 1200 msnm hasta valores por encima de los 3000 msnm (CCB, 2015). De acuerdo con Ledesma, Nakata y Sugiyama (2008), la temperatura

puede oscilar entre los 10 y los 26 °C, con valores de 18 °C en el día y 12 °C en la noche (Verheul, Sønsteby y Grimstad, 2007), consideradas como óptimas para el crecimiento y desarrollo del cultivo. No obstante, las plantas pueden llegar a presentar un retraso en la floración a medida que se da un descenso en la temperatura y/o un incremento en la altitud (Opstad, Sønsteby, Myrheim y Ola, 2011).

Manejo agronómico

Establecimiento del cultivo

Preparación del terreno

El cultivo de fresa requiere que el suelo se encuentre nivelado y drenado; esto último para evitar la acumulación de agua, ya que las plantas son demasiado susceptibles a los encharcamientos, los cuales disminuyen considerablemente su rendimiento (Universidad de California Extensión Cooperativa [UCCE], 2015). El terreno donde se instalará el cultivo debe ser preferiblemente plano o presentar una pendiente moderada que permita las labores de mecanización.

Dichas labores incluyen un *arado primario* para descompactar el suelo, tarea que se debe realizar sobre el suelo húmedo a una profundidad de entre 20 y 35 cm. Posteriormente, se recomienda llevar a cabo un *arado secundario* para nivelar, soltar y pulir el suelo; para ello se debe seleccionar un implemento adecuado para prevenir daños por compactación (Figura 2).

Por otro lado, si se tienen antecedentes de enfermedades en los lotes, se recomienda realizar una desinfección del suelo después de aplicar las enmiendas, empleando métodos como la solarización, la desinfección química y la biofumigación, entre otros. Se debe contar de antemano con la asesoría de un ingeniero agrónomo y evitar establecer el cultivo en suelos donde se haya sembrado papa,



Figura 2 Preparación mecanizada del terreno para la siembra de fresa.

Fuente: Equipo CTA-2, Subproyecto Fresa y Mora (2018).

pimentón, tomate, melón, sandía o calabaza; esto para evitar la propagación de enfermedades del suelo.

Siembra con coberturas plásticas

Las coberturas plásticas, acolchados o *mulching*, tienen como finalidad evitar el crecimiento de arvenses² —de acuerdo al color del material—, disminuir los procesos de evapotranspiración, mejorar la retención de humedad en el suelo y evitar el contacto directo de los frutos con el suelo, con el fin de reducir la propagación de enfermedades y mejorar la presentación del producto cosechado. La selección del material a utilizar en las cubiertas plásticas para la siembra de fresa depende de la elasticidad del polímero (propiedades mecánicas), su color, sus propiedades de refracción de la luz para el control de plagas (propiedades ópticas y fotométricas), la temperatura generada al interior de la cubierta y la superficie del plástico (Bahuguna y Jagadish, 2015).

De acuerdo con esto último, el color negro permite un adecuado desarrollo vegetativo de las plantas con bajos costo de inversión; sin embargo, puede causar estrés y daños a las plantas por la alta concentración de calor. Por su parte, los materiales transparentes transmiten mejor la temperatura, lo que favorece una madurez prematura, así como la proliferación de arvenses si el suelo no se encuentra bien desinfectado. Los plásticos de color café permiten ejercer un

² Los arvenses son plantas silvestres que crecen junto al cultivo.

mejor control de nematodos y arvenses. Los materiales de color verde o fotoselectivos permiten mantener la temperatura al mismo nivel tanto en el interior como en el exterior del acolchado, lo que a la vez permite un buen control de arvenses y el incremento de la temperatura en la raíz. Finalmente, los materiales que tienen colores diferentes en el derecho y el revés, tales como los plásticos negro/blanco, negro/plateado y naranja/marrón, permiten bloquear la entrada de luz al suelo, reflejar la luz al follaje, reducir la temperatura del suelo y disminuir el crecimiento de arvenses (Alvarado y Castillo, 2003).

Levantamiento de camas, instalación de sistema de riego y cobertura plástica

Levantamiento de camas: una vez preparado el terreno se debe adelantar la construcción de las camas, para lo cual el suelo debe encontrarse a capacidad de campo. Las camas se estructuran en forma de trapecio con dimensiones de 70 a 90 cm en la base, de 50 a 70 cm en la parte superior y con una distancia máxima entre las camas de 1,2 m. Para la altura de las camas, se recomienda elevarlas de 20 a 40 cm (Figura 3). Las recomendaciones sugeridas para la construcción de las camas permitirán que estas no se derrumben; esto también permite un mayor desarrollo del sistema radicular, lo que facilita las labores agronómicas y la cosecha del cultivo (Santos y Obregón, 2009).

Instalación del sistema de riego: si para el sistema productivo se define la implementación de un sistema de riego localizado, se debe tener presente que las camas no superen los 30 m de largo, para permitir una aplicación uniforme del riego y el fertirriego. En este sentido, con el sistema de riego por goteo se logra la aplicación de agua y nutrientes sobre o bajo la superficie del suelo, mediante goteros que permiten la emisión de pequeños caudales de agua con un alto porcentaje de cubrimiento (Rodrigo, Hernández, Pérez y González, 1992).

Los componentes básicos de un sistema de riego por goteo incluyen:

1. Cabezal de riego, compuesto por una fuente de agua y un sistema de bombeo, filtración e inyección de fertilizantes.

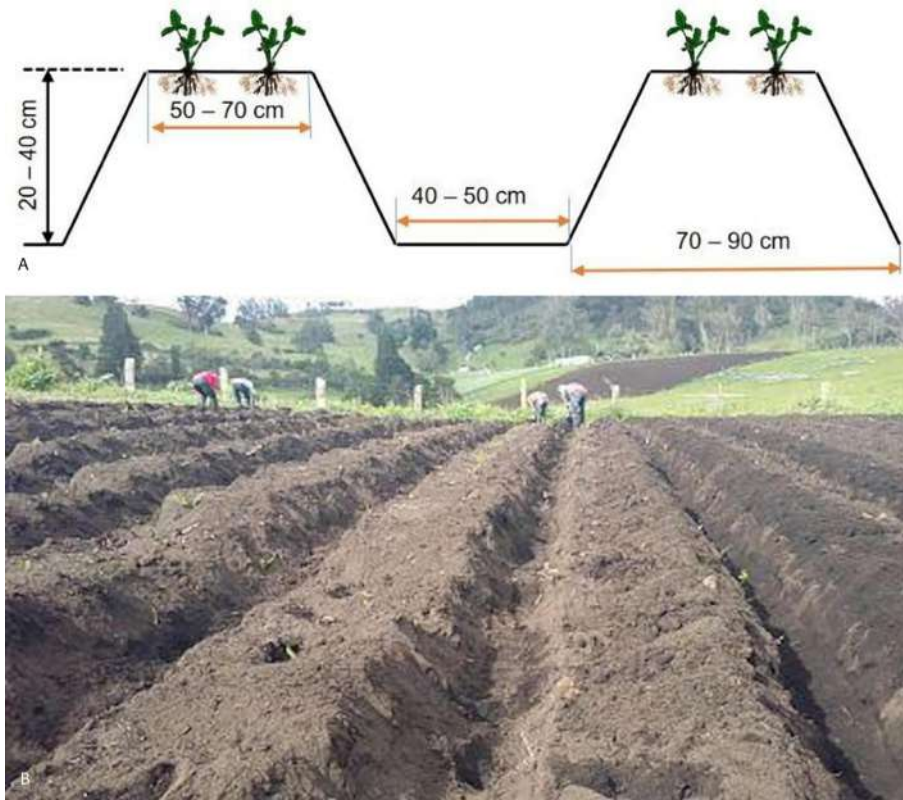


Figura 3 a) Dimensiones recomendadas para la construcción de las camas. b) Levantamiento de las camas en campo.

Fuente: Equipo CTA-2, Subproyecto Fresa y Mora (2018).

2. Sistema de distribución, que incluye un centro de control y la red de tuberías de agua.
3. Líneas de goteo, compuestas por las cintas de riego y los emisores o goteros.

Generalmente, para la instalación del sistema se emplea una tubería principal de polietileno con silletas, colocada manualmente en la base de las camas. Dicha tubería puede contar con un diámetro de salida de 12 o 16 mm y lleva el agua a través de mangueras del mismo diámetro. Adicionalmente, al final de la manguera se ubica en un conector la cinta-manguera que va conectada la cinta de riego (Figura 4).



Figura 4 Tubería principal con silletas (a), manguera con conectores cinta (b) y doble cinta de riego sobre las camas (c).

Fuente: Equipo CTA-2, Subproyecto Fresa y Mora (2018).

Instalación de la cobertura plástica: inicialmente se debe tener completa certeza de que el terreno está libre elementos que puedan romper el plástico durante la instalación. Si el productor decidió implementar un sistema de riego localizado, antes de la colocación de la cobertura se deben instalar las cintas de goteo sobre las camas con sus respectivas conexiones. Posteriormente, se procede a asegurar en un extremo de la cama la cobertura plástica y se extiende el material sobre la cama procurando evitar la tensión excesiva. Para tal fin, se debe asegurar el plástico con suelo sobre los bordes a lo largo de la cama, ubicando grapas sobre él para evitar el levantamiento por acción del viento (Figura 5). Finalmente, se recomienda evitar instalar la cobertura en días calurosos o de vientos fuertes, ya que se pueden presentar dificultades en el manejo del plástico y su dilatación y rompimiento. Tampoco se recomienda emplear agroquímicos que contengan cloro, azufre o bromo, por el efecto nocivo que tienen sobre la vida útil de los materiales plásticos.



Figura 5 Instalación de la cobertura plástica sobre las camas para la siembra de fresa.

Fuente: Equipo CTA-2, Subproyecto Fresa y Mora (2018).

Siembra

Para la obtención del material vegetal es recomendable adquirir plántulas certificadas que aseguren un material libre de patógenos (Smith, Allen, Monteith, Perrier, Pereira y Segeren, 1991). La densidad de siembra varía de acuerdo al cultivar; dependiendo del porte de la planta se pueden sembrar entre 40 000 y 69 000 plantas por hectárea (Flórez y Mora, 2010). Cabe resaltar que antes de sembrar el material vegetal este se debe desinfectar, sumergiendo las raíces en un fungicida de baja categoría toxicológica durante cinco a diez minutos.

Para la siembra, en cada cama se ubican dos hileras de plantas en zigzag o tres bolillos, procurando que queden derechas y separadas entre sí por una distancia de entre 15 y 30 cm (Figura 6a). Adicionalmente, se recomienda que los agujeros en los que se depositan las plantas sean amplios y profundos, para que la corona se ubique encima del nivel de suelo y las raíces de las plántulas a siete milímetros de profundidad.

En Colombia, la siembra de fresa se lleva a cabo a raíz desnuda (Figura 6b) y en cualquier época del año. No obstante, es recomendable sembrar las plántulas al inicio de la época de lluvias, en los meses de abril, mayo y/o junio, para lograr cosechar en época seca. De no ser así, la cosecha se obtendrá en época de lluvias, lo cual incrementará los problemas fitosanitarios en los frutos y plantas (Cortés, 2011).

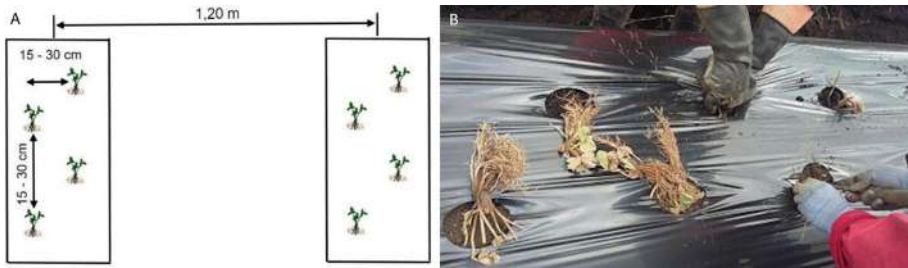


Figura 6 a) Densidad de siembra en doble hilera a tres bolillos. b) Siembra de plántulas a raíz desnuda. Fuente: Equipo CTA-2, Subproyecto Fresa y Mora (2018).

Siembra en camas elevadas

En Colombia la fresa principalmente se siembra directamente sobre el suelo a campo abierto, lo cual puede generar susceptibilidad a enfermedades tales como *B. cinerea*, *Fusarium* sp. y *Verticillium* sp. Debido a esto, la siembra en medios hidropónicos o en sustrato ha tomado bastante fuerza (Angulo, 2009). En el establecimiento de cultivos sin suelo no es necesaria la preparación del terreno y es suficiente con realizar un control mecánico de arvenses mediante guadaña. Por otro lado, en vez de las camas con cubiertas plásticas para la siembra de las plántulas, esta se lleva a cabo dentro de contenedores con sustratos y/o soluciones nutritivas.

Para tales casos se recomienda emplear camas longitudinales hechas con bolsas de polietileno de color blanco o negro, y calibre 5 o 6. No obstante, también se pueden usar canales de polietileno de alto calibre en forma de 'U', reforzados con guayas o alambres en sentido longitudinal. Dichos contendedores se deben ubicar, a su vez, sobre parales de madera o hierro galvanizado, separados por una distancia de un metro y una altura adecuada a la estatura promedio de los trabajadores que adelantan las labores de cultivo (Figura 7).



Figura 7 Plantas de fresa sembradas sobre camas longitudinales (a) y contenedores en forma de 'U' (b).
Fuente: Equipo CTA-2, Subproyecto Fresa y Mora (2018).

Siembra en sustratos

Los sustratos son definidos como medios sólidos naturales o de síntesis residual, mineral u orgánica, que dan soporte a las raíces de las plantas (Abad y Noguera, 1998; Fonteno, 1999; Terés, 2001); igualmente son importantes para el anclaje y el suministro de agua y nutrientes (Calderón y Cevallos, 2001). Los sustratos orgánicos más utilizados en la agricultura son aquellos fabricados a partir de cascarilla de arroz, fibra de coco, cascarilla de pergamino de café, concha de coco, aserrín, corteza de abeto y turba (Alvarez, 2011); mientras que en el grupo de sustratos inorgánicos se encuentran la arena de río, la arena de mar, gravas, piedra, perlita, vermiculita, lana de roca, arcilla expandida y escorias de carbón. De acuerdo con lo anterior, un sustrato ideal puede ser catalogado como un material inerte y estéril, con alta porosidad, buena capacidad de retención de agua, rápido drenaje, buena aireación, adecuada distribución del tamaño de las partículas, baja densidad aparente y químicamente estable (Figura 8).



Figura 8 Sustrato fabricado con 25 % de fibra de coco, 25 % de cascarilla y 50 % de escoria de carbón.
Fuente: Equipo CTA-2, Subproyecto Fresa y Mora (2018).

Ambientes protegidos

Macrotúneles: son considerados como estructuras de fácil remoción y reubicación a un menor costo que el de un invernadero. Adicionalmente, son de tipo modular lo cual permite adaptar su tamaño a la topografía de los terrenos y el área de los cultivos. Con la implementación de estas estructuras, se inducen ambientes favorables para el desarrollo de las plantas mediante la regulación del aire y la temperatura. Su construcción se realiza a través de arcos en acero galvanizado que sirven de soporte a películas plásticas. Cada arco debe tener longitudes entre 6,6 y 7,2 m de ancho; entre 2,8 a 3,2 m de alto y máximo 40 m de longitud. Las dimensiones recomendadas permiten albergar entre cuatro y seis camas, ubicadas en el suelo o elevadas, lo que facilita las labores de los operarios dentro de los macrotúneles (Figura 9a).

Macrotúnel modelo GTI-UN: este tipo de estructura presenta una modificación con respecto a los macrotúneles empleados comúnmente para la producción agrícola. Dicha modificación se fundamenta en la instalación de cortinas que abren y cierran manualmente a los dos lados de la estructura. Esto permite evitar el estrés de las plantas mediante el control de la ventilación y de la temperatura en los días muy soleados; adicionalmente, el macrotúnel GTI-UN cuenta con canales plásticos ubicados longitudinalmente sobre los arcos, los cuales permiten recolectar las aguas lluvias hacia tanques ubicados en la parte frontal y posterior de las estructuras (Figura 9b).



Figura 9 Fresa sembrada en macrotúneles (a) y en macrotúneles modelo GTI-UN (b).

Fuente: Equipo CTA-2, Subproyecto Fresa y Mora (2018).

Invernaderos: son estructuras de mayor tamaño que los macrotúneles y brindan condiciones ambientales controladas a un costo superior que en la siembra de los cultivos a cielo abierto (Ri, 2011). No obstante, los invernaderos permiten modificar la temperatura, la intensidad lumínica, la humedad relativa, la radiación y el fertirriego, entre otros. Esto se logra mediante la implementación de pantallas térmicas, ventiladores y sistemas de humidificación. De acuerdo con su diseño, los requerimientos de las plantaciones, las zonas productoras, y el poder adquisitivo y capacitación de los productores, los invernaderos pueden llegar a ser implementados en la producción de fresa (Figura 10).

Manejo integrado de la fertilización

El manejo integrado de la fertilización (MIF) involucra la conservación y optimización de la fertilidad natural del suelo y el suministro adecuado de nutrientes a las plantas, en aras de alcanzar la productividad deseada. Según Bushway (2010), los componentes clave del MIF son:

1. Los análisis de suelo y foliares.
2. Los análisis de los síntomas de deficiencias en las plantas.
3. La definición de las dosis adecuadas para los cultivos.
4. La evaluación de la productividad y sostenibilidad de los sistemas agrícolas, de acuerdo con los tipos de cultivo, climas, suelos, prácticas agrícolas y tecnologías disponibles.



Figura 10 Producción de fresa en invernadero.

Fuente: Equipo CTA-2, Subproyecto Fresa y Mora (2018).

Macro y micronutrientes

Además de energía solar, las plantas requieren para su crecimiento de dióxido de carbono y agua, nutrientes básicos que son suministrados por el suelo o de manera externa mediante la aplicación de fertilizantes. Para el crecimiento de las plantas se requieren entre 16 y 20 macro y micro nutrientes que cumplen diversas funciones dentro de las plantas (Tabla 2). Dentro de los macronutrientes se destacan el nitrógeno (N), el fósforo (P) y el potasio (K), los cuales pueden limitar el crecimiento de las plantas cuando son insuficientes. En este sentido, a pesar de que el nitrógeno es el elemento más utilizado en la producción agrícola, su disponibilidad a menudo puede estar limitada debido a su forma de absorción y síntesis por parte de la planta (Campbell y Miner, 1998). Por otro lado, los micronutrientes como cloro (Cl), hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), cobre (Cu), boro (B) y molibdeno (Mo), son necesarios para el crecimiento y adecuado funcionamiento del metabolismo de las plantas (Campbell y Miner, 2000; Casteel, 2004).

Finalmente, la ausencia absoluta o relativa de cualquiera de estos nutrientes puede afectar el crecimiento normal de las plantas. Igualmente, una concentración demasiado alta puede ser tóxica para la planta o para los seres humanos.

Tabla 2 Principales funciones de macro y micronutrientes en las plantas

Nutriente	Elemento	Función
Macronutrientes (elementos mayores)	Nitrógeno (N)	Forma parte de aminoácidos, proteínas y ácidos nucleicos. Necesario en la síntesis de clorofila. Favorece la multiplicación celular y estimula el crecimiento.
	Fósforo (P)	División celular. Formación de estructuras de energía. Favorece el desarrollo de las raíces.
	Potasio (K)	Transporte de azúcares. Apertura estomática. Cofactor de varias enzimas. Reduce la susceptibilidad a enfermedades.
	Calcio (Ca)	Formación de la pared celular. Activador y regulador enzimático. Reduce la susceptibilidad a enfermedades.
	Azufre (S)	Síntesis de los aminoácidos esenciales metionina y cistina.
	Magnesio (Mg)	Eje central de la molécula de clorofila.
Micronutrientes (elementos menores)	Hierro (Fe)	Síntesis de clorofila.
	Manganeso (Mn)	Necesario para la fotólisis del agua en la fotosíntesis. Involucrado en la asimilación del nitrógeno.
	Boro (B)	Formación de la pared celular. Germinación y elongación del tubo polínico. Participa en el metabolismo y transporte de azúcares.
	Zinc (Zn)	Síntesis de auxinas y activación de enzimas.
	Cobre (Cu)	Involucrado en el metabolismo del nitrógeno y los carbohidratos.
	Molibdeno (Mo)	Componente de las enzimas nitrato reductasa y nitrogenasa.

Fuente: Equipo CTA-2, Subproyecto Fresa y Mora (2018).

Diagnóstico de la fertilidad

Entre los métodos para diagnosticar la fertilidad y la nutrición en la agricultura sobresalen los análisis de suelo y foliares. El primero hace referencia a la medición química y/o física de las propiedades de un suelo, lo cual permite a la vez identificar e interpretar la disponibilidad de nutrientes, la salinidad y la toxicidad de elementos del suelo. Esto se hace con el fin de generar recomendaciones de dosis y enmiendas a aplicar en un plan de fertilización. Por otro lado, los análisis foliares determinan la cantidad de elementos contenidos en las plantas, así como su concentración o fracción extraíble, a partir de una muestra tomada en un momento o etapa específica del desarrollo fisiológico o morfológico.

Análisis de suelo

Como se mencionó anteriormente, el análisis de suelo permite evaluar la fertilidad y disponibilidad de nutrientes en el suelo. Los objetivos específicos de este análisis se centran en:

1. Determinar la disponibilidad de nutrientes en el suelo.
2. Indicar las deficiencias o excesos que puedan existir en los distintos cultivos.
3. Determinar la necesidad de fertilizantes.
4. Realizar una evaluación económica de las recomendaciones de fertilizantes sugeridos, a partir de los resultados encontrados.

Para llevar a cabo el análisis, inicialmente se debe obtener una muestra representativa del área de interés. Para ello se requiere coleccionar una muestra de suelo compuesta por una serie de submuestras individuales tomadas al azar.

En este sentido, de acuerdo al área a muestrear, se recomienda coleccionar como mínimo 20 submuestras para un terreno de 8 ha; 15 para un terreno de 4 ha y 10 para un terreno de 2 ha (Savoy, 2012). Una vez coleccionadas las submuestras, estas se mezclan a fondo; luego se selecciona cerca de 1,5 kg de este material y

se empaca en una bolsa plástica limpia, etiquetada al menos con el nombre del propietario y un número de contacto, así como la procedencia de la muestra (Figura 11).

Finalmente, la toma de la muestra debe excluir el suelo de los bordes del lote; las calles o surcos muertos; las terrazas, hileras viejas o caminos; los lugares con excreción de animales; las áreas erosionadas y los sitios cercanos a árboles o edificaciones. Adicionalmente, se recomienda evitar el uso de baldes o herramientas galvanizadas o de bronce, ya que estos dispositivos pueden contaminar las muestras con cobre y zinc. En cambio se recomienda el uso de baldes de plástico y herramientas de acero (Adepetu, Nabhan y Osinubi, 2000).

En la interpretación de los resultados del análisis de suelo se recomienda contar con la asesoría de un ingeniero agrónomo. En estos análisis, los resultados de la fase soluble reportan la concentración de nutrientes inmediatamente disponibles para la planta y complementan la interpretación de la dinámica de elementos en el suelo de la fase de los nutrientes extraíbles. Este tipo de análisis son comúnmente usados en cultivos que utilizan sistemas de fertirriego, debido a que dan un reporte de la disponibilidad de los elementos que facilita el proceso de formulación para las soluciones con la entrada de nutrientes y su frecuencia de aplicación (Gómez, 2010). De acuerdo con lo anterior, para el cultivo de fresa los rangos óptimos de pH se encuentran entre 5,3 y 6,5; y los de materia orgánica (MO) están entre 2 y 3 %. Los valores disponibles de fósforo están entre 67 y 90 kg/ha; los de boro entre 1,7 y 2,25 kg/ha y los de zinc entre 11 y 13,5 kg/ha. Los valores intercambiables para potasio son de entre 315 y 360 kg/ha y para magnesio son de 280 kg/ha (Haifa Group, 2013) (Tabla 3).

Cabe resaltar que los rangos mostrados en la Tabla 3 deben ser considerados como niveles de referencia solamente, ya que otros factores tales como las necesidades nutricionales del cultivo según la etapa de crecimiento, la variedad del cultivo, el tipo de fertilización y riego, las características físicas del suelo y los factores ambientales, entre otros, suelen ser determinantes para la formulación de un plan de fertilización (Garrido-Valero, 1993).

Adicionalmente, se debe tener presente la variedad a sembrar, el potencial de rendimiento y el porcentaje de suficiencia, el aumento en el rendimiento con tasas crecientes de fertilizantes aplicados, el método de aplicación de los



Figura 11 Toma de muestras de suelo para análisis de laboratorio.
Fuente: Equipo CTA-2, Subproyecto Fresa y Mora (2018).

Tabla 3 Rangos óptimos de referencia para el cultivo de fresa según los resultados de análisis de suelo

Parámetro	Valor óptimo	
pH	5,3-6,5	
Materia orgánica (MO)	2 %-3 %	
Elemento	Disponible	Intercambiable
Fósforo (P)	67-90 kg/ha	
Potasio (K)		315-360 kg/ha
Magnesio (Mg)		280 kg/ha
Boro (B)	1,7-2,25 kg/ha	
Zinc (Zn)	11-13,5 kg/ha	

Fuente: Haifa Group (2013).

fertilizantes, las aplicaciones recientes de enmiendas y abonos orgánicos y el grado de mineralización de la MO del suelo durante el crecimiento de la planta, especialmente para el caso del nitrógeno y el azufre.

Análisis foliar

El análisis foliar indica la concentración de un nutriente dentro de las plantas y/o las hojas. Los nutrientes interactúan para inducir el crecimiento de la planta; fundamentalmente elementos como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, boro, cloro, cobre, manganeso, molibdeno y zinc. Para adelantar un análisis de tejido foliar se requiere:

- 1) Recoger una muestra representativa en un momento o etapa de desarrollo del cultivo.
- 2) Realizar un manejo adecuado de la muestra colectada.
- 3) Recurrir al mejor método e instrumentación para analizar químicamente las muestras.
- 4) Tener conocimiento para la interpretación de los resultados.
- 5) Generar recomendaciones en aras de mejorar el estado nutricional y la productividad del cultivo (Munson y Nelson, 1990).

Para el caso específico del cultivo de fresa la muestra debe contar con material vegetal suficiente. Para ello se deben seleccionar de 20 a 25 plantas al azar, tomando la hoja madura más reciente (HMMR), la cual es la hoja más expandida o madura, que generalmente corresponde a la tercera o quinta hoja por debajo del punto de crecimiento (McGinnis, Stokes y Cleveland, 2014).

La colecta de la muestra debe realizarse antes del mediodía, tomando el material vegetal de la misma variedad, en lo posible que haya sido sembrado en la misma fecha, sobre el mismo tipo de suelo y con el mismo historial de fertilización.

Después de recolectar las hojas, es importante desprender los pecíolos de estas y empacarlas en bolsas de papel debidamente rotuladas con la información básica del productor, el cultivo y la zona donde fue tomada, para que la muestra sea identificada por los encargados de recibir y analizar las muestras.

Una vez se reciben los resultados del análisis, se procede a interpretarlos mediante la comparación con los rangos determinados para el cultivo de fresa, los cuales suelen ser de tipo informativo. Para esto se requiere la asesoría de un ingeniero agrónomo conocedor del tema (Tabla 4).

Análisis de aguas

El análisis del agua permite establecer la calidad de la misma, lo cual permite determinar su uso, a partir de sus características físicas, químicas y biológicas. El muestreo de agua comienza con la recolección de una muestra representativa y uniforme de una fuente de agua específica; sin embargo, la mayoría de las aguas naturales y residuales son altamente variables, de modo que es improbable que una sola muestra proporcione una referencia significativa de la naturaleza de la fuente (Tebbutt, 1998). En este sentido, se hace necesario implementar procedimientos de muestreo en varios puntos y profundidades.

De acuerdo con lo anterior, el procedimiento recomendado para coleccionar muestras de agua incluye:

- 1) Utilizar recipientes adecuadamente etiquetados con la información sobre el

Tabla 4 Rangos óptimos de referencia para el cultivo de fresa según los resultados de análisis de suelo

Nutriente	Deficiente	Bajo	Suficiente	Alto	Excesivo	
%						
Nitrógeno	< 1,5	1,8	1,9-2,8	2,9	> 40	
Nitratos	< 800 ppm					
Fósforo	< 0,20	0,25	0,25-0,4	0,4-0,5	> 0,5	
Potasio	< 1,2	1,3-1,6	1,6-2,5	2,5-3,4	> 3,5	
Calcio	< 0,6	0,69	0,7-1,7	1,7-2,0	> 2,0	
Magnesio	< 0,25	0,29	0,3-0,49	0,5-0,8	> 0,8	
Azufre	< 0,20	0,2-0,4	0,4-0,6	0,6-0,8	> 0,8	
Sodio			< 0,10	> 0,10		
Cloro					> 0,50	
ppm						
Manganeso	< 40	49	50-200	200-300	> 350	
Hierro	< 30	59	60-250	250	> 350	
Zinc	< 15	20	20-49	50-80	> 80	
Cobre	< 5	6	7-19	20	> 20	
Boro	< 19	24	30-64	65-90	> 90	
Molibdeno	< 0,5					> 0,5

Nota: ppm equivale a partes por millón.

Fuente: Adaptado de Ulrich, Mostafa y Allen (1980).

- productor, la ubicación y la fuente de donde fue tomada el agua.
- 2) Colectar entre medio y un litro de agua.
 - 3) Antes de recoger la muestra se necesita enjuagar la botella al menos cuatro veces con el agua a muestrear.
 - 4) No se debe desechar el agua del enjuague donde pueda contaminarse o mezclarse con el agua que se va a coleccionar.
 - 5) Tomar cinco submuestras de 100 a 200 ml para completar la muestra final.
 - 6) Llenar la botella hasta la parte superior, dejando poco o ningún espacio de aire, y sellar herméticamente el recipiente con la tapa.

Finalmente, al igual que con los resultados del análisis de suelo y tejido foliar, los autores recomiendan contar con la asesoría de un ingeniero agrónomo que sea conocedor del tema de riego y fertirriego para la interpretación de los resultados (Instituto Nacional de Salud, 2011).

Requerimientos nutricionales del cultivo de fresa

Los requerimientos nutricionales de las plantas de fresa pueden dividirse según sus etapas fenológicas de desarrollo, entre las cuales se cuentan el enraizamiento, el crecimiento vegetativo, la floración y el llenado del fruto. Cabe mencionar que para cada una de las fases mencionadas la planta demanda los mismos nutrientes, aunque en proporciones y cantidades diferentes (Meier et ál., 1994).

En esta sección se muestran los resultados obtenidos en el estudio de la extracción de nutrientes de la planta de fresa en las condiciones productivas de los municipios abordados por el Subproyecto Fresa y Mora. Para este estudio se tuvieron en cuenta, además de lo mencionado en el párrafo anterior, factores como la altitud sobre el nivel del mar de las zonas productoras de Cundinamarca, los tipos de variedad empleados y el crecimiento de los cultivos según se dieran en áreas a libre exposición o en condiciones protegidas. Estos resultaron estar entre los principales factores que influyen en las diferencias sobre los valores de extracción mineral, con respecto a otros reportes de la literatura especializada.

En este orden de ideas, la extracción de los nutrientes está encabezada por el nitrógeno, seguido del potasio, calcio, fósforo, magnesio, azufre y los elementos menores, respectivamente. Cabe resaltar que los parámetros de extracción mencionados en el presente documento son una base que permitirá generar planes de fertilización acoplados a cada zona y sistema productivo, siempre y cuando se cuente con la asesoría de un ingeniero agrónomo (Tabla 5).

Tipos de fertilización en el cultivo de fresa

La fertilización es el proceso mediante el cual se suministran los nutrientes necesarios a las plantas para que estas puedan completar su ciclo de vida; por lo

Tabla 5 Extracción de nutrientes del cultivo de fresa en los municipios de Sibaté, Facatativá y Guasca en el departamento de Cundinamarca

Curvas de extracción			Cantidad de nutrientes (kg/ha)							Cantidad g/ha				
			Ni	P	K	Mg	Ca	Na	S	Fe	B	Cu	Mn	Zn
Enraizamiento	Sibaté	55 DDS	5,4	0,3	3,6	0,4	4,2	0,1	0,2	25,1	9,1	1,0	25,6	8,0
	Facatativá		4,4	0,2	2,1	0,5	2,6	0,1	0,2	19,7	6,4	0,5	21,1	6,0
	Guasca		3,5	0,2	2,0	0,4	1,9	0,1	0,2	21,1	9,4	0,8	12,3	6,7
Vegetativo	Sibaté	118 DDS	22,9	1,2	15,1	1,7	17,5	0,4	1,0	105,7	37,7	4,3	107,8	34,6
	Facatativá		40,0	2,3	19,3	4,6	24,2	0,6	1,6	181,6	59,3	5,0	193,5	55,0
	Guasca		30,5	2,0	17,0	3,6	16,1	0,8	1,3	178,3	81,9	7,1	105,7	59,4
Estolón vegetativo	Sibaté	187 DDS	66,1	3,6	43,7	5,0	51,7	1,0	2,8	299,2	111,5	12,7	299,0	96,0
	Facatativá		82,2	3,7	32,1	8,0	59,1	1,7	3,6	447,9	182,3	11,6	488,9	172,4
	Guasca		57,7	4,0	27,9	7,6	35,2	1,1	3,1	484,8	171,1	11,1	386,7	193,4
Floración y cuajado del fruto	Sibaté	213 DDS	76,6	4,5	43,6	5,9	49,2	1,2	3,4	759,5	165,8	15,7	303,1	124,4
	Facatativá		53,7	4,6	27,3	5,0	33,1	1,0	2,5	307,0	113,9	10,0	256,3	85,7
	Guasca		61,8	4,3	29,1	5,4	20,9	0,9	3,1	369,2	157,9	10,8	462,0	157,1
Llenado y producción	Sibaté	241 DDS	83,4	5,6	34,6	4,5	57,1	3,1	4,8	703,3	160,9	21,8	288,2	84,0
	Facatativá		59,9	3,2	25,4	4,7	41,2	2,0	3,8	302,2	141,1	11,8	226,4	120,6
	Guasca		61,8	4,3	29,1	5,4	20,9	0,9	3,1	369,2	157,9	10,8	462,0	157,1
Sibaté	Total	254,5	15,0	140,6	17,6	179,8	5,8	12,2	1892,8	485,0	55,7	1023,6	347,1	
Facatativá		240,1	14,0	106,2	22,9	160,3	5,3	11,6	1258,3	503,0	38,9	1186,3	439,6	
Guasca		215,3	14,7	105,0	22,5	95,0	3,8	10,9	1422,6	578,2	40,6	1428,8	573,7	

Fuente: Equipo CTA-2, Subproyecto Fresa y Mora (2018).

tanto, influye directamente sobre la producción (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO], 1999). Este suministro de elementos puede realizarse de diversas formas, de las cuales se reconocen: la fertilización directa al medio de cultivo mediante el uso de fertilizantes de liberación lenta –denominada fertilización edáfica–, la fertilización suministrada y distribuida con el sistema de riego –denominada fertirriego– y la fertilización aplicada en la superficie del dosel de la planta –denominada fertilización foliar.

Fertilización edáfica: consiste en la aplicación directa del fertilizante en la superficie del suelo o incorporado a este; por lo que queda libre y disponible en el medio para ser tomado por las raíces de las plantas. Según Gómez (2010), las modalidades de aplicación de los fertilizantes sólidos al suelo se realizan:

- Superficialmente.
- En banda, cerca del sitio donde se dispone la hilera de las plantas.

- Al voleo o arrojado sobre la superficie del suelo, manual o mecánicamente.
- En corona o en media corona alrededor de la planta, en forma circular o semicircular.
- Localizadamente, en el suelo cerca de la planta mediante voleo incorporado, o mediante tacos u hoyos cerca de la planta.

Fertirrigación o fertirriego: es el proceso que permite adicionar fertilizantes minerales al agua de riego y distribuirlo en todo el cultivo mediante el sistema de riego (Kant y Kafkafi, 2013). Generalmente, el fertirriego se realiza por medio de sistemas de goteo y su aplicación es posible mediante aspersión o microaspersión. Entre los beneficios de esta técnica se destacan: la eficiencia en la aplicación de nutrientes y agua al cultivo, la flexibilidad de las aplicaciones, una mayor uniformidad en la distribución del fertilizante, la reducción de los costos de producción por el menor consumo de nutrientes, la reducción de las labores de aplicación y un control sencillo del sistema en general. Para la fertirrigación es importante tener en cuenta la conductividad eléctrica (CE) del agua y en la zona radicular, con el propósito de no causarle daño al cultivo (Imas, 1999). La fresa es considerada sensible a la salinidad; presenta afectación a partir de 1 deciSiemens por metro (dS/m) de CE en el agua y 0,7 dS/m en la zona radical (Fipps, 1996; Martínez-Barroso y Álvarez, 1997).

Como se mencionó con anterioridad, para implementar esta técnica en las plantaciones se debe contar con un equipamiento mínimo para la incorporación de los fertilizantes. En Colombia existen diversas formas de realizar la fertirrigación del cultivo de fresa; a pesar de esto, los sistemas deben tener piezas básicas tales como el sistema de filtro, los tanques de mezclado y los dispositivos de inyección de los fertilizantes al sistema de irrigación.

Fertilización foliar: generalmente esta se considera como una estrategia para suministrar rápidamente los nutrientes —entre ellos, los que son fácilmente inmovilizados en el suelo—, con el propósito de corregir posibles deficiencias nutricionales y, por ende, favorecer el desarrollo de los cultivos, y la mejora en su rendimiento y calidad (Fageria, Barbosa, Moreira y Guimaraes, 2009; Murillo-Castillo, Piedra-Marín y León, 2013; Santos y Aguilar, 1999). Sin embargo, la

respuesta y su efecto en la planta pueden ser temporales, y se puede ver afectada por factores ambientales. En este sentido, cuando se quiera implementar la fertilización foliar sobre el cultivo, se deben tener en cuenta factores tales como la concentración de los nutrientes, la solubilidad, el pH y salinidad de la solución, el peso molecular del elemento contenido como fuente, los factores ambientales, así como las formulaciones del producto y los coadyuvantes necesarios.

Aplicación de enmiendas: la aplicación de enmiendas fabricadas a partir de fuentes químicas u orgánicas tiene como finalidad la modificación y/o mejoramiento de las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo (Arévalo y Castellano, 2009; De Cerqueira, Otto, Vitti, Quintino, Altran e Ikeda, 2010; Moreno, García, Storch, Muñoz y Pérez, 2011; Osorno, 2012). En este sentido, los productos para modificar el pH del suelo contribuyen a la modificación de su acidez o alcalinidad (Moreno et ál., 2011); entre estos los más empleados son las enmiendas calizas a base de hidróxidos de calcio y magnesio, óxidos, carbonatos de calcio y magnesio, y enmiendas acidificantes como el azufre elemental (Sierra, Lancelloti y Vidal, 2007).

Para el caso de los productos que mejoran las propiedades físicas del suelo, con la aplicación de enmiendas orgánicas se logra mejorar el estado de agregación del suelo y su porosidad, lo cual permite a su vez mayor aireación, drenaje y almacenamiento de agua y finalmente conlleva al incremento de la capacidad de retención de agua y la estabilidad frente a la erosión. Finalmente, una de las fuentes más comúnmente utilizadas para mejorar la estructura del suelo es el yeso, el cual favorece la agregación de partículas de arcilla (Finck, 1985; Moreno et ál., 2011).

Manejo integrado de plagas

Ácaro del ciclamen (*Phytonemus pallidus*)

Características y daño: los huevos que oviposita el ácaro son translúcidos y de tamaño relativamente grande (Figura 12a). La larva permanece de color translúcido y una vez madura se torna naranja translúcido y brillante (Zalom, Bolda,

Dara y Joseph, 2014). El ciclo de vida de huevo a adulto tiene una duración de entre una y tres semanas, dependiendo de las condiciones medioambientales, y se ve favorecido por las temperaturas que están entre los 15 y los 21 °C y una humedad relativa de entre el 60 y el 80 % (Cloyd, 2010). El ácaro afecta generalmente los cultivos en el segundo año después de la primera siembra, aunque también puede llegar a afectar cultivos en su primer año debido a la influencia del inóculo proveniente de otros lugares (Zalom et ál., 2014). En cuanto a sus hábitos alimenticios y el daño que causa, el ácaro ataca las hojas y las flores aún sin desplegar (Cloyd, 2010), lo que causa el entorchamiento y enanismo de la planta frente a ataques severos (Figura 12b) (Cloyd, 2010; Zalom et ál., 2014).



Figura 12 a) Huevos del ácaro del ciclamen. b) Síntomas del entorchamiento causado por el ácaro del ciclamen.

Fuente: Equipo CTA-2, Subproyecto Fresa y Mora, (2018).

Recomendaciones de manejo: el manejo del ácaro del ciclamen es un poco complejo, debido a que se resguarda en los meristemos de la planta, lo cual dificulta el adecuado acceso de los productos de control (Cloyd, 2010). Como estrategias de manejo se recomienda ejercer monitoreos y control sobre la plaga cuando se encuentre un ácaro por cada 10 hojas desplegadas (Zalom et ál., 2014). Una vez sea identificada la plaga en el cultivo, las plantas altamente infestadas deben ser destruidas (Hoy, 2011). Sin embargo, se recomienda realizar un manejo preventivo antes de la siembra, sumergiendo las plantas en agua a temperaturas de 44 °C durante 30 minutos (Hoy, 2011). También se recomienda conservar en el cultivo depredadores de la plaga como lo es el ácaro *Amblyseius californicus*, que se encuentra de forma natural sobre las plantaciones, así como a nivel comercial.

Araña (*Tetranychus urticae*)

Características y daño: el ácaro *T. urticae* se desarrolla en el envés de las hojas. Sus huevos tienen un diámetro aproximado de 0,14 mm, mientras que las ninfas y adultos presentan una forma ovalada, alcanzando los 0,4 mm de largo. El adulto presenta una coloración amarilla o verde, y en su dorso presenta dos manchas oscuras en los extremos (Figura 13a) (Zalom et ál., 2014). El ácaro genera pérdidas en el cultivo debido a su alta tasa de fecundidad y reducido tiempo de desarrollo, pues logra la madurez en una semana con una temperatura promedio de 32 °C. Los síntomas del ataque se expresan con un amarillamiento de las hojas (Figura 13b y c). Cuando el daño es severo se observan manchas necróticas en estas (Fasulo y Denmark, 2000).



Figura 13 a) Adultos y huevos de *T. urticae*. b y c) Hojas de fresa afectadas por el ácaro *T. urticae*.

Fuente: Equipo CTA-2, Subproyecto Fresa y Mora (2018).

Recomendaciones de manejo: las medidas de control sobre el ácaro *T. urticae* se deben implementar cuando se encuentren entre 5 y 10 ácaros por foliolo antes de la producción, en 22 foliolos por hectárea. Una vez comienza el periodo de cosecha, este umbral se incrementa de 15 a 20 ácaros por foliolo.

Como medida de control biológico, los ácaros depredadores *Phytoseiulus persimilis* y *Amblyseius californicus* (*Neoseiulus californicus*) son los más utilizados comercialmente (Zalom et ál., 2014). Culturalmente la plaga se maneja mediante la reducción del estrés hídrico (Ontario Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs [Omafra], 2009b), mientras que el control químico se realiza mediante la aplicación de insecticidas a base de bifenazate, acequinocyl, spiromesifen, etoxazole, fenpyroximate, hexythiazox y abamectina (Zalom et ál., 2014).

Trips (*Frankliniella occidentalis*)

Características y daño: los adultos son de color entre amarillo y café oscuro,

con una longitud cercana a los 0,8 mm. Presentan dos pares de alas plumosas (Figura 14 a), mientras que las ninfas carecen de alas y son de color blanco y amarillo (Zalom et ál., 2014). El síntoma más característico del daño causado por los trips es una raspadura en la epidermis de los frutos, semejando un bronceamiento cuando el fruto está inmaduro (Figura 14 b) (Steiner y Goodwin, 2005; Zalom et ál., 2014).

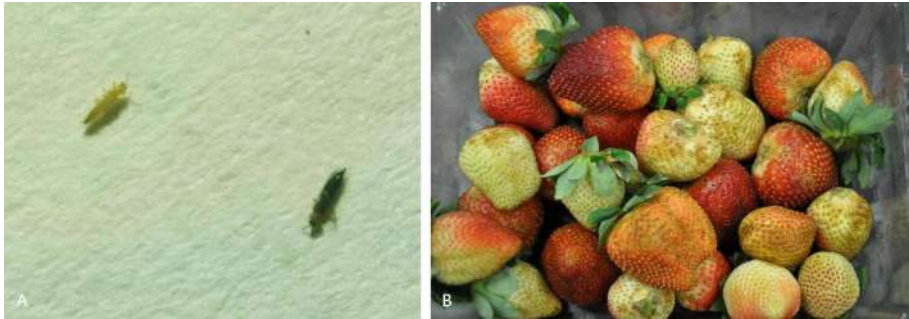


Figura 14 a) Adultos de trips. b) Daños en los frutos de fresa causados por trips.

Fuente: a) Equipo CTA-2, Subproyecto Fresa y Mora (2018). b) Cluever, Smith, Funderburk y Frantz (2015).

Recomendaciones de manejo: generalmente, los trips no generan mayores pérdidas y los umbrales de acción pueden estar por encima de los 10 trips por flor monitoreada (Coll, Shakya, Shouster Dagan, Nenner y Steinberg, 2007; Steiner y Goodwin, 2005; Zalom et ál., 2014). El manejo cultural se realiza mediante la instalación de plástico *mulch* que refleje la radiación ultravioleta y también mediante el manejo balanceado de la fertilización nitrogenada. El manejo biológico se recomienda mediante la liberación y/o conservación de antocóridos (*Orious* sp.) y de ácaros depredadores como *Amblyseius swirskii* (Coll et ál., 2007; Cluever et ál., 2015; Zalom et ál., 2014), aunque este último no está disponible en Colombia. El control químico se realiza mediante el uso de los ingredientes activos como spinosad, spinetoram, malathion, naled y piretrina (Zalom et ál., 2014).

Chisas (chiza, mojojjoy, gallina ciega, etc.)

Características y daño: específicamente para el cultivo de fresa en Colombia se han registrado daños principalmente por las especies *Ancognatha vulgaris* (Montes, Peña y Gutiérrez, 2013) y *Clavipalpus ursinus*; que causan daño en sus estadios

inmaduros de larvas (Figura 15). Desde el momento en que eclosionan, las larvas se alimentan de raíces pequeñas y materia orgánica, y llegan a ocasionar la muerte de las plantas (Villegas-Urbano, 2004) a causa de la deshidratación y el marchitamiento (Omafra, 2009a).

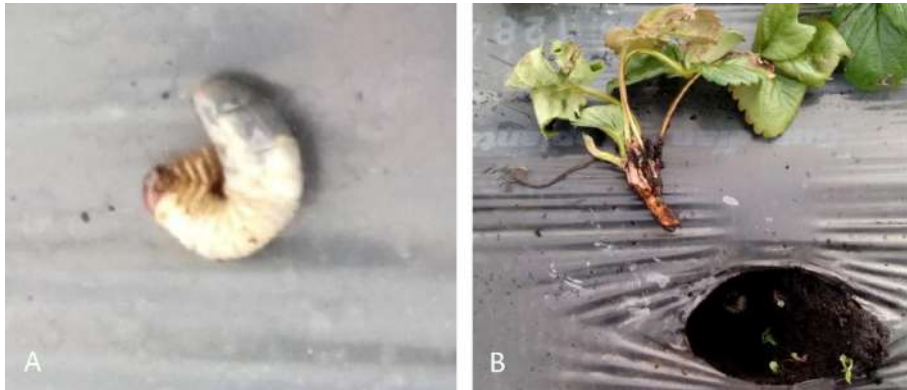


Figura 15 a) Larva de chisa. b) Planta de fresa afectada por chisa en Cundinamarca.
Fuente: Equipo CTA-2, Subproyecto Fresa y Mora (2018).

Recomendaciones de manejo: para adelantar un manejo eficiente de la plaga y controlar los daños que causa, los monitoreos del suelo son importantes. Se debe actuar inmediatamente cuando se observe un individuo, ya que la presencia de este es un indicador de una población mucho mayor. Entre los controladores biológicos de las chisas se encuentran *Metarhizium anisopaliae*, *Bacillus popilliae*, *Beauveria bassiana* y nematodos (Villegas-Urbano, 2004). Por otro lado, para el control químico se registran ingredientes activos como imidacloprid y thiametoxam (Handley, 2014), aunque en Cundinamarca se emplean principalmente productos a base de clorpirifos, triclorfon y cadusafos.

Chinche (*Lygus* sp.)

Características y daño: los chinches del género *Lygus* puede presentar de tres a cinco generaciones por año, por lo cual es posible tener mayores problemas en cultivos de mayor edad (Carroll, Pritts y Heidenreich, 2016). De acuerdo a la temperatura de las zonas productoras, el desarrollo de huevo a adulto puede

variar entre 83,8 y 28,8 días con temperaturas de entre 15 y 25 °C, respectivamente (Easterbrook, Fitzgerald, Pinch, Tooley y Xu, 2003). Los huevos cuentan con un tamaño cercano a 1 mm; sin embargo, son poco visibles ya que gran parte de ellos están insertados en los tejidos de sus hospederos (Spangler, Weires y Agnello, 1991).

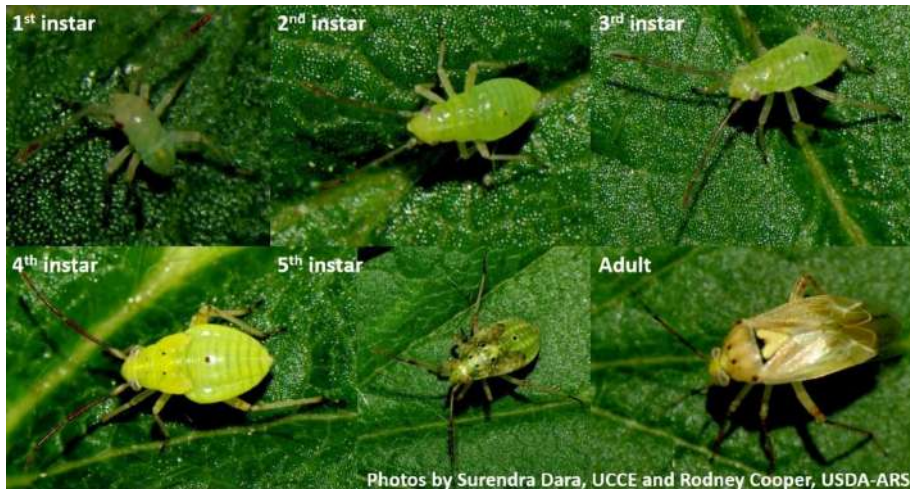


Figura 16 Estadios ninfales y estado adulto de chinches del género *Lygus*.

Fuente: Surendra (2015).

Por su parte las ninfas tienen un aspecto similar a los áfidos y se distinguen porque se mueven rápidamente, son de color verde y tienden a tornarse cafés y amarillas a medida que avanza la metamorfosis. En los primeros estadios las ninfas tienen un tamaño de entre 1 y 5 mm dependiendo el instar, mientras que en los últimos estadios ninfales se pueden diferenciar cinco puntos en el dorso, así como el inicio de la formación de las alas (Figura 16) (Omafra, 2009a). Los adultos presentan una forma ovalada y aplanada con un tamaño cercano a los 6 mm de largo, son de color verde a café y como característica principal para su identificación se puede observar sobre su tórax un pequeño triángulo de color amarillo a verde (Spangler et ál., 1991).

El principal daño causado por esta plaga es la deformación del fruto conocida como “cara de gato”, la cual es causada por la muerte de los aquenios después de que el chinche los ha penetrado con el estilete; por esto, el síntoma caracte-

rístico del daño en el fruto son aquenios de tamaño normal pero huecos, por lo que el receptáculo se desarrolla inadecuadamente (Handley y Pollard, 1993; Zalom et ál., 2014) (Figura 17).



Figura 17 Daño en la fruta de fresa causado por chinches del género *Lygus*.

Fuente: Equipo CTA-2, Subproyecto Fresa y Mora (2018).

Recomendaciones de manejo: el umbral que causa daño económico y que se ha reportado en otros países está en alrededor de una ninfa por cada 4 a 15 inflorescencias monitoreadas (Carroll et ál., 2016), y una ninfa por 20 plantas (Surendra, 2016). Para el control cultural del insecto se recomienda realizar un adecuado manejo de arvenses, así como el uso de aspiradores. Para el control biológico existen reportes que recomiendan los antocóridos del género *Orius*, la avispa *Anaphes iole*, el depredador *Geocoris* spp., y las arañas, entre otros. Para un manejo orgánico de la plaga, se recomienda utilizar ingredientes activos como azadiractina, el cual es un producto secundario del aceite de neem (Carroll et ál., 2016); mientras que para el control químico se reportan los ingredientes activos fenpropathrin, bifenthrin, naled, thiamethoxam, acetamiprid, malathion y jabones, por su contenido de sales potásicas derivadas de ácidos grasos (Zalom et ál., 2014). No obstante, el manejo químico debe estar dirigido al control de las ninfas, dado que los productos registrados son poco efectivos sobre los adultos y pueden llegar a afectar los organismos benéficos (Zalom et ál., 2014).

Escarabajos de la raíz (Coleoptera: Curculionidae)

Características y daño: en el cultivo de fresa se reporta el ataque de los géneros

Otiorhynchus, *Pantomorus*, *Nemocestes* y *Hoplia* (Zalom et ál., 2014). Los adultos de estos escarabajos son de color negro, café o gris oscuro; presentan hileras de puntos en relieve inverso en el dorso (Figura 18 a) (Berry y Coop, 2000), presentan élitros fusionados y cuentan con longitudes de entre 5 y 9 mm (Bomford y Vernon, 2005). La hembra puede llegar a poner de 150 a 200 huevos (Berry y Coop, 2000) en la base de la planta y una vez eclosiona, las larvas se ubican en el suelo (Loeb, 2007). Las larvas tienen forma de ‘C’, son ápodas, de color blanco o crema y tienen una cabeza de color café (Figura 18 a) (Omafra, 2009b). El mayor daño económico en el cultivo de fresa es causado por las larvas, las cuales se alimentan de las raíces y llegan en algunos casos a dañar la corona, ocasionando reducción en el crecimiento y rendimiento. Por otro lado, los adultos durante la noche se alimentan de las hojas y dejan en los márgenes de estas un corte externo y redondo (Figura 18 b), lo cual permite la identificación de la plaga sobre las plantaciones (Zalom et ál., 2014).

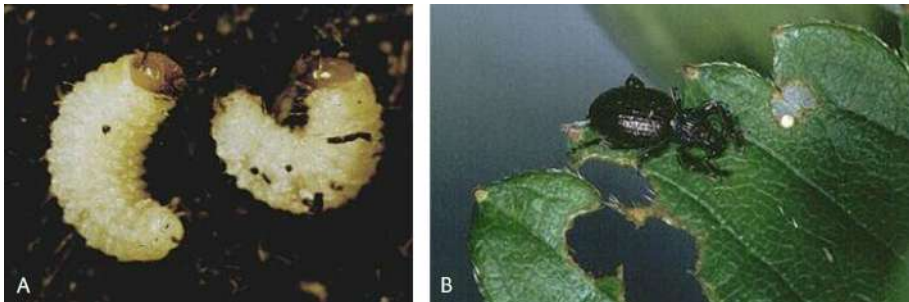


Figura 18 Larvas (a) y adulto (b) del escarabajo de la raíz.

Fuente: Omafra (2009b).

Recomendaciones de manejo: aunque no es claro el umbral de daño económico, se resalta la importancia de monitorear frecuentemente el suelo y las hojas para la detección oportuna de larvas y adultos (Loeb, 2007; Berry y Coop, 2000). Adicional al monitoreo, se recomienda la rotación con cultivos de maíz, lechuga y otros que no sean considerados como hospederos de la plaga (Berry y Coop, 2000; Zalom et ál., 2014), así como la colocación de trampas y barreras físicas para impedir el ingreso de escarabajos adultos al cultivo (Bomford y Vernon, 2005). Como controladores biológicos se reportan los nematodos entomopatógenos de los géneros *Steinernema* y *Heterorhabditis* con cantidades entre los 25

y 50 individuos juveniles infectivos por cm^2 (Berry y Coop, 2000; Booth, Tanigoshi y Shanks, 2002; Edmonson, Richardson, Willmott, Hart y Long, 2002). A nivel químico se referencian en otros países los ingredientes activos diazinon y clorpirifos (Zalom et ál., 2014).

Polillas y/o trozadores (Lepidópteros)

Características y daño: las polillas que representan un riesgo económico para el cultivo de fresa se encuentran en el grupo de los noctuidos (Zalom et ál., 2014), de los cuales sobresalen los géneros *Spodoptera* y *Peridroma* (trozadores), siendo este último el más encontrado en las zonas altitudinales elevadas en el trópico (Solano, Sosa y Camacaro, 2015). Esta característica debe ser tenida en cuenta en Colombia, ya que los cultivos de fresa se ubican generalmente por encima de los 2000 msnm. Los adultos y larvas de los trozadores cuentan con tamaños cercanos a los 4 cm de largo. Las larvas suelen alimentarse en horas de la noche y durante el día permanecen escondidas en el suelo; se reconocen por ser robustas, tomar una posición en forma de 'C' y presentar coloraciones entre café y gris (Figura 19). Generalmente, la plaga afecta el cultivo de fresa en sus fases iniciales de desarrollo, causando agujeros de diferentes tamaños en las hojas; sin embargo, puede afectar pecíolos, coronas y frutos, causando la muerte de las hojas y los frutos a medida que incrementa su crecimiento (Omafra, 2009b).

Recomendaciones de manejo: las aves ejercen algún grado de control sobre esta plaga; no obstante, se recomienda ejercer un control sobre arvenses, la inoculación de microorganismos como *Bacillus thuringensis* y productos con el ingrediente activo spinosad. Como última medida, se recomienda la aplicación de insecticidas a base de los ingredientes activos malatión y diazinón, los cuales también están registrados en Estados Unidos para su control en cultivos de fresa (Zalom et ál., 2014).



Figura 19 Larva de lepidóptero.

Fuente: Equipo CTA-2, Subproyecto Fresa y Mora (2018).

Manejo integrado de enfermedades

Moho gris o *Botrytis*

Agente causal y síntomas: el agente causal de la enfermedad es el hongo *Botrytis cinerea* el cual genera daños en más de 200 especies de plantas dicotiledóneas. La fácil dispersión de las esporas a través del aire, los trabajadores, las herramientas, los animales, etc., hace que sea difícil su control. Las esporas pueden llegar a las flores y causar su muerte o permanecer en un estado de dormancia hasta que se generen condiciones ambientales apropiadas. Por lo general, los síntomas de la enfermedad se expresan en los frutos; allí se observan al inicio pequeñas lesiones cafés bajo el cáliz (Figura 20), las cuales aumentan rápidamente, y se tornan grises a medida que el micelio crece y esporula (Zalom et ál., 2014).



Figura 20 Botrytis en frutos de fresa.

Fuente: Equipo CTA-2, Subproyecto Fresa y Mora, (2018).

Recomendaciones de manejo: se recomienda ejercer un control cultural mediante la eliminación del material muerto o de los frutos infectados; adicionalmente, la siembra en invernaderos o macrotúneles puede reducir la incidencia de la enfermedad. Por otro lado, se ha reportado el control biológico con el uso de algunos antagonistas como *Aureobasidium pullulans* y *Candida oleophila*, los cuales pueden llegar a ser compatibles con algunos fungicidas (Ippolito y Nigro, 2000); así como la implementación de la bacteria *Bacillus licheniformis* (Kim et ál., 2007) y especies del hongo *Trichoderma*. Finalmente, para el control químico se emplean ingredientes activos como pyraclostrobin/boscalid, fenhexamid, cyprodinil/fludioxonil, thiophanate-methyl, iprodione, captan y thiram (Zalom et ál., 2014).

Antracnosis

Agente causal y síntomas: la enfermedad es causada principalmente por *Colletotrichum acutatum*; sin embargo, en muchas ocasiones es asociada a otras especies del mismo género, las cuales pueden afectar todas las estructuras de la planta (Baroncelli et ál., 2015). La temperatura óptima para su desarrollo está entre los

27 y los 32 °C. Los síntomas en la planta inician con pequeñas manchas café sobre los estolones y pecíolos (Figura 21 a), y a medida que se expanden conllevan a la muerte del estolón y las hojas. Adicionalmente, las flores abiertas son muy susceptibles al daño y una vez infectadas se secan rápidamente. En los frutos las lesiones toman una coloración café oscuro, y llegan a tener un color naranja cuando se presenta la esporulación (Figura 21b y c). Finalmente, cuando el hongo infecta la corona de la planta se genera un marchitamiento y la posterior muerte de la planta (Turechek y Heidenreich, s. f.).



Figura 21 a) Síntoma de antracnosis en el tallo de fresa. b y c) Frutos de fresa afectados por antracnosis.

Fuente: a) Bolda, Koike y Daugovish (2016). b y c) Equipo CTA-2, Subproyecto Fresa y Mora (2018).

Recomendaciones de manejo: se recomienda desinfectar el suelo del cultivo mediante solarización o fumigación para destruir el inóculo del hongo, ya que este puede sobrevivir hasta nueve meses sin plantas hospederas. Para el control biológico se reportan diferentes cepas antagonistas de hongos y bacterias (Ji, Yang, Wu, Xiao, Yao y Zhuang, 2013; Yamamoto, Shiraishi y Suzuki, 2015),

mientras que para el control químico se recomienda la rotación de los fungicidas a base de cyprodinil/fludioxonil, captan y azoxystrobin (Bolda et ál., 2016; Zalom et ál., 2014).

Pudrición de la fruta

Agente causal y síntomas: los síntomas de la enfermedad suelen ser confundidos con el daño causado por el hongo *Botrytis*. El agente causal de la enfermedad es el patógeno *Phytophthora* spp., el cual puede desarrollarse en flores y frutos. En frutos maduros se aprecia una decoloración que toma un color marrón claro; cuando la humedad es alta se puede observar la formación de un micelio fino y blanco sobre la fruta (Figura 22). Adicionalmente, este patógeno puede generar pudrición en la corona de la planta (Louws y Ridge, 2014), así como sabor y olor desagradable de la fruta afectada, que puede incluso ser detectado a 250 m (Jelen, Krawczyk, Larsen, Jarosz y Gołębnik, 2005). La enfermedad se dispersa bajo altas precipitaciones y humedades relativas, siendo las temperaturas óptimas aquellas que se encuentran entre los 17 y los 25 °C. Una vez los tejidos se encuentran infectados, con temperaturas entre los 15 y los 25 °C, se presenta un desarrollo rápido de las estructuras reproductivas (zoosporas) de *Phytophthora*, provocando así una alta incidencia de la enfermedad. Finalmente, el inóculo de la enfermedad puede sobrevivir por varios años en el suelo o sobre material vegetal momificado (Louws y Ridge, 2014).

Recomendaciones de manejo: en busca de reducir los daños causados por esta enfermedad se recomienda seleccionar un terreno con el suelo bien drenado; también la instalación de acolchados plásticos para evitar el contacto entre el patógeno y los tejidos. Se debe evitar el riego por aspersión e implementar el riego por goteo. Por otro lado, el uso de agentes biológicos como *Trichoderma* spp., y su combinación con procesos de solarización del suelo han reportado buenos resultados para el manejo de la enfermedad (Porrás, Barrau, Arroyo, Santos, Blanco y Romero, 2007). Para el caso del manejo químico, se ha reportado el uso de ingredientes activos como mefenoxam, fosetil aluminio y fosfitos, entre otros (Louws y Ridge, 2014; Zalom et ál., 2014).



Figura 22 Síntomas de pudrición de la fruta causada por *Phytophthora* spp. en frutos de fresa.
Fuente: Equipo CTA-2, Subproyecto Fresa y Mora (2018).

Bacteriosis o mancha angular de la hoja

Agente causal y síntomas: la bacteria *Xanthomonas fragariae* es el agente causal de esta enfermedad. A medida que se desarrolla se observan manchas angulares translúcidas en el envés de las hojas (Figura 23), las cuales se tornan de rojas a cafés con el tiempo y entonces pueden ser observadas en el haz de las hojas (Zalom et ál., 2014). El daño causado por la bacteria *Xanthomonas* se da principalmente en las hojas y el cáliz de flores y frutos; no obstante, en ocasiones la bacteria se mueve sistemáticamente y llega a colonizar hojas y tejidos nuevos (Turechek, Wang, Tiwari y Peres, 2013). La enfermedad es favorecida por los ambientes fríos y húmedos, y se ha reportado el transporte del inóculo por salpicaduras en lugares con riego por aspersión y en épocas de lluvias (Zalom et ál., 2014).

Recomendaciones de manejo: para el manejo de la bacteriosis de la fresa se recomienda adquirir material certificado, así como la rotación de cultivos y la fumigación del suelo. Pese a esto, cuando la enfermedad se encuentra establecida, es muy difícil su control ya que los productos disponibles en el mercado no son efectivos (Zalom et ál., 2014).



Figura 23 Lesiones causadas por bacteriosis.
Fuente: Equipo CTA-2, Subproyecto Fresa y Mora (2018).

Mildeo polvoso

Agente causal y síntomas: el agente causal del mildero polvoso es *Sphaerotheca pannosa*. Se disemina mediante las esporas que viajan por acción del viento; no requiere agua para iniciar su infección y en épocas de lluvia puede verse inhibida la germinación de las esporas (Omafra, 2009a). Las colonias del patógeno tienen un aspecto polvoso de color blanco y se desarrollan principalmente en el envés de las hojas. A medida que las recubren, las hojas se entorchan y desarrollan manchas irregulares de color púrpura (Figura 24 a). En casos extremos, el patógeno coloniza flores y frutos, lo cual genera el aborto floral y el desarrollo de frutos pequeños de baja calidad comercial (Omafra, 2009a; Zalom et ál., 2014) (Figura 24 b y c).



Figura 24 Síntomas de mildero polvoso en hojas (a) y frutos (b y c) de fresa.
Fuente: Equipo CTA-2, Subproyecto Fresa y Mora (2018).

Pudrición de raíz y corona

Agente causal y síntomas: la pudrición de raíces y coronas es causada por el complejo de hongos *Phytophthora*, *Verticillium*, *Rhizoctonia*, *Phythium* y *Fusarium*;

y en ocasiones se ha reportado el daño por nematodos fitoparásitos (Omafra, 2009a). Por ello se recomienda identificar a nivel de laboratorio las especies predominantes para lograr plantear un control efectivo. Los síntomas comunes de esta enfermedad se manifiestan como enanismo, manchas rojizas y cafés visibles al disectar la corona, marchitamiento general de la planta y muerte de las raíces, entre otros (Omafra, 2009a; Zalom et ál., 2014) (Figura 25).



Figura 25 Síntomas causados en la planta de fresa por el hongo *Phytophthora* sp.
Fuente: Equipo CTA-2, Subproyecto Fresa y Mora (2018).

Polinización en el cultivo de fresa

Polinización y polinizadores

La polinización se fundamenta en la dispersión de los granos de polen desde los estambres (parte masculina) de una flor hasta el estigma (parte femenina) de otra o de la misma flor de una especie de planta; dicho proceso concluye cuando se da la fecundación y la posterior formación de frutos y semillas (Partap, 2011). Entre los agentes polinizadores bióticos silvestres más importantes se encuentra el grupo de las abejas, las cuales se clasifican dentro del orden Himenóptera y la familia Apidae. Dicho grupo es responsable de la polinización de cerca del 75 % de las 115 especies cultivables más importantes a nivel global (Aizen y Harder, 2009). De allí sobresalen cerca de 25 000 especies que incluyen abejas melíferas, abejorros, abejas sin aguijón y abejas solitarias (Partap, 2011).

En este sentido, las abejas solitarias más importantes para la polinización son *Osmia* spp., *Megachile* spp., *Nomia* spp., *Anthidium* spp., *Halictus* spp. (Free, 1993); mientras que dentro del grupo de abejorros se mencionan los géneros *Xylocopa* spp.,

Centris spp., *Eulaema* spp. y *Bombus* spp. (Liévano, Ospina y Nates, 1991). No obstante, la abeja melífera *Apis* spp., se destaca como el polinizador más eficiente en términos generales, debido a las características y/o hábitos que desarrolla y a las pocas relaciones específicas que establece con grupos puntuales de plantas. De esta manera logra frecuentar gran número de especies de plantas, condición que, sumada a su gran adaptación a diferentes climas, le permite ser un polinizador de múltiples especies cultivables y silvestres a nivel mundial.

Polinización y reproducción de plantas

La polinización es fundamental en el proceso reproductivo sexual de las plantas con flor. En ella la generación de un nuevo individuo depende de la unión de dos gametos con diferente sexo: uno masculino, conocido como polen, y otro femenino llamado óvulo (Amaya, 2016). La formación de la semilla sexual puede ocurrir a partir de procesos de autofecundación o de polinización cruzada (Figura 26). Igualmente, de acuerdo a la ocurrencia de cada uno de estos dos procesos en los diferentes grupos de plantas, estas pueden clasificarse como autógamas (con menos del 5 % de polinización cruzada) y alógamas (con más del 70 % de polinización cruzada) (Vallejo y Estrada, 2002). Adicionalmente, la polinización no solo es un servicio para la agricultura, sino una parte fundamental de la reproducción de las plantas en medios naturales, y se la llega a considerar como un servicio ecosistémico que asegura el éxito reproductivo y el flujo genético dentro de las poblaciones de plantas (Figura 27).



Figura 26 Tipos de plantas de acuerdo al sistema predominante de polinización empleada.

Fuente: Equipo CTA-2, Subproyecto Fresa y Mora (2018).

Figura 27 La polinización como servicio ecosistémico base del funcionamiento de los ecosistemas.

Fuente: Equipo CTA-2, Subproyecto Fresa y Mora (2018).



Biología floral y polinización de fresa

Las flores de fresa presentan un ancho aproximado de 2,5 cm; están compuestas por un cáliz de cinco o diez sépalos y una corola usualmente de cinco pétalos blancos, ambos dispuestos de forma redondeada. En el receptáculo floral se ubican numerosos pistilos y, alrededor de estos, de 5 a 40 estambres dispuestos en espiral. Cada pistilo está conformado por un estigma, un estilo y un ovario, cada uno con un óvulo individual, que da como resultado un fruto verdadero conocido como aquenio [Figura 28] (Brazanti, 1989).

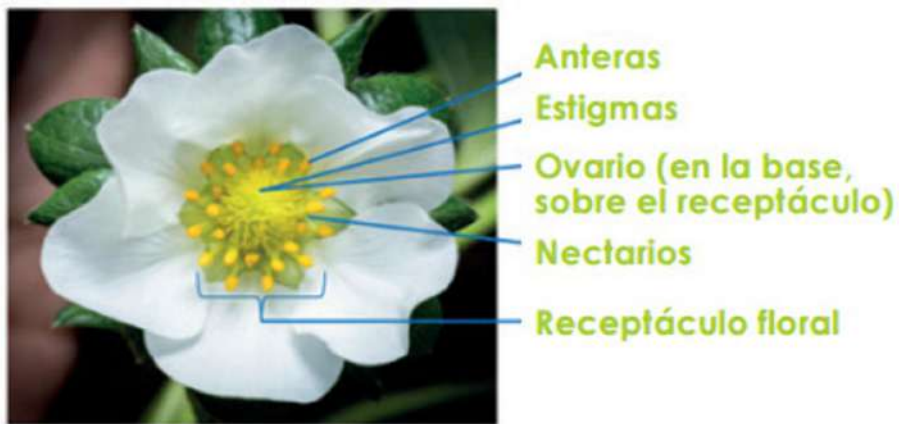


Figura 28 Reconocimiento de las principales partes florales involucradas en el proceso de polinización mediada por insectos en flores de fresa.

Fuente: Equipo CTA-2, Subproyecto Fresa y Mora (2018).

El desarrollo de la flor de fresa es un proceso complejo que involucra cambios en atributos tales como la receptividad de los estigmas, la dehiscencia del polen y su germinación a través del tiempo. Dicho proceso se divide en seis fases que inician con la formación del botón flora (BC) y finaliza con la oxidación de las

anteras (ATOX). Durante estas fases, la autopolinización y la polinización cruzada se ven favorecidas, desde que la flor se encuentra completamente abierta (FCA) hasta el inicio de la oxidación de las anteras (AIOX) y durante la oxidación de las mismas (AOX y ATOX), respectivamente (Pérez, 2014) (Figura 29).



Figura 29 Proceso de maduración de las flores de fresa variedad Camarosa y cambios en los atributos funcionales directamente relacionados con los procesos de autopolinización y polinización cruzada mediada por insectos.

Fuente: Adaptado de Flores y Mora (2010).

Manejo apícola

Para el uso de *A. mellifera* como insecto polinizador en cultivos de fresa, inicialmente es necesaria la capacitación de los apicultores en el manejo del insecto y la colmena. Por esta razón en la Figura 30 se resume el temario recomendado en el cual deben capacitarse los productores de fresa para utilizar las abejas como agente polinizador en sus cultivos.

Para lograr una experiencia exitosa se deben entender claramente las dinámicas de crecimiento y reproducción de las abejas melíferas, así como sus dinámicas de acopio de recursos alimenticios, su relación con el paisaje y la variabilidad climática interanual (floración del paisaje, flujos de néctar y clima).



Figura 30 Capacitación básica de los productores-apicultores previa a la instalación de un apiario.

Fuente: Equipo CTA-2, Subproyecto Fresa y Mora (2018).

En este sentido se debe entender que en Colombia, a diferencia de los países en latitudes templadas, se trabaja con híbridos de abejas melíferas de raza europea (*Apis mellifera cárnica* o *Apis mellifera ligustica*) y abejas melíferas de raza africana (*Apis mellifera scutellata*), conocidos como abejas africanizadas; pero gracias al trabajo de entidades como la Universidad Nacional de Colombia es posible lograr híbridos que reúnan características intermedias de mansedumbre y productividad de las diferentes especies involucradas.

Cabe resaltar que el comportamiento de las abejas melíferas se caracteriza por ser defensivo en lugar de agresivo y por ende la agresividad solo se desarrolla en momentos en que la colmena se ve perturbada; una abeja pecoreadora en campo difícilmente podría adoptar tal comportamiento defensivo. Este es un tema de gran relevancia que merece un tratamiento más detallado en un manual apropiado para tal fin. Por ahora, se referencia aquí para incentivar el aprendizaje en procura de producciones más limpias y amigables con el ambiente. Ese aprendizaje debe tener en cuenta temas como:

- Material biológico y físico.
- Ubicación del apiario.
- Revisión general y manejo de la colmena.
- Inducción de las abejas melíferas a las flores de fresa.
- Cuidados y manejos en la producción.

Cosecha y poscosecha

Antes de iniciar las actividades de cosecha y poscosecha, el personal que interviene en cada una de las actividades debe contar con las herramientas necesarias para realizar las labores, además de cumplir los siguientes requisitos:

Presentación personal: el operario debe portar la indumentaria adecuada; en el caso de las labores poscosecha esta debe ser de color claro para visualizar su limpieza. Adicionalmente, los operarios deben tener el cabello recogido y llevar las uñas cortas y sin esmalte; esto último para evitar la contaminación del producto. Así mismo se debe prohibir el uso de joyas para evitar la acumulación de contaminantes, las lesiones o la caída de ellas al empacar el producto.

Aseo personal: al inicio de cada labor, en cada cambio de actividad o en la manipulación de materiales u objetos que representen riesgo de contaminación, así como después de usar el sanitario, los operarios deberán lavar sus manos con agua potable y jabón.

Capacitación: los operarios deben conocer de primera mano los procesos que deben desarrollar y los utensilios que son empleados para ello, su desinfección y mantenimiento. Deben dominar los criterios de selección y clasificación del producto, así como el uso y manipulación, dosificación, selección, tiempo de uso y disposición final de los insumos y recursos.

Salud: los operarios deberán realizarse una revisión periódica de su estado de salud física y mental. En este sentido, las personas que presenten afecciones en

la piel o enfermedades infectocontagiosas deberán ser excluidas de la manipulación del producto, para proteger su salud y evitar la contaminación del producto con microorganismos que puedan causar enfermedades en el consumidor.

Desempeño: los operarios no deben comer, beber o masticar mientras realizan su labor, con el fin de evitar la contaminación biológica o física del producto.

Finalmente, con el fin de estandarizar las funciones productivas, el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) estableció mesas sectoriales en concertación con el sector productivo, gubernamental y académico. Allí se crearon las normas sectoriales de competencia laboral, donde se definen los perfiles ocupacionales y se describen las funciones de cada perfil. Las versiones actualizadas de las normas sectoriales se pueden consultar en el sitio web del SENA (SENA, 2014).

Precosecha

Previamente a la cosecha, existen factores que pueden afectar la calidad de los frutos, los cuales deben tenerse en cuenta si se quieren obtener productos que cumplan los requerimientos del mercado y las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA). Las BPA son acciones que conducen a la sostenibilidad ambiental, económica y social para los procesos productivos de explotación agrícola y que garantizan la calidad e inocuidad de los alimentos (Monroy y Reyes, 2013). Por otro lado, con la implementación de las BPA se busca que la producción sea la más adecuada y se pueda realizar el seguimiento al producto en cada una de sus etapas (trazabilidad) hasta llegar al consumidor final. En Colombia se encuentran dos marcos regulatorios principales:

- Resolución ICA 4174 del 6 de noviembre de 2009 en BPA, para la producción primaria de frutas y vegetales para consumo en fresco.
- Norma Técnica Colombiana NTC 5400 BPA para frutas, hierbas aromáticas culinarias y hortalizas frescas (Icontec, 2006).

Los dos marcos definen los requisitos generales que orientan a los productores hacia el mejoramiento de la competitividad a nivel nacional e internacional. Dentro de estas prácticas se incorporan las siguientes:

Manejo integrado de plagas y enfermedades (MIPE): definido como la integración de diversas prácticas para la prevención, control o erradicación de insectos, enfermedades y arvenses a un menor costo de producción y daño ambiental. Dentro de este se encuentran tres categorías para el control de plagas y enfermedades (Tabla 6).

Tabla 6 Programa para reducir la incidencia y realizar control de plagas y enfermedades

Categorías	Métodos de control
Prevención	Rotación de cultivos, exclusión de plagas y gestión de suelos. Selección de variedades vegetales y materiales de siembra adecuados. Buena higiene de los cultivos.
Observación y control	Control de plagas. Empleo de modelos de decisión para identificar la necesidad y el momento de utilización de estrategias de intervención.
Intervención	Utilización selectiva de pesticidas para reducir el riesgo de desarrollo de resistencias. Utilización de enemigos naturales y otros métodos biológicos de control comercialmente disponibles. Utilización de otros métodos para el control de plagas, incluyendo métodos mecánicos.

Fuente: Norma Técnica Colombiana NTC 5400 (Icontec, 2006).

Manejo integrado de riego y fertilización (MIRFE): consiste en suplir los requerimientos hídricos y nutricionales del cultivo con base en sus necesidades, las características físicas y químicas del suelo o del sustrato y la composición de las fuentes de fertilizantes (Tabla 7).

Tabla 7 Principios para el manejo integrado de riego y fertilización

Principio	Definición
Aplicación oportuna	Periodo transcurrido entre dos riegos para evitar que el agua no se encuentre disponible para la planta, con lo cual se limita el desarrollo de las raíces y la toma de nutrimentos.
Aplicación eficiente	Aplicación con las mínimas pérdidas posibles por percolación o por escurrimiento superficial, suficiente para cubrir el agua consumida por la planta en el periodo entre dos riegos y, además, cubrir las pérdidas inevitables.
Fertilización razonada	Estrategia de manejo integral de la fertilización que permite elevar y mantener el estado nutricional de los suelos en forma económica y así alcanzar una nutrición óptima de los cultivos sin afectar la sustentabilidad del sistema.

Fuente: Escalona, Alvarado, Monardes, Urbina y Martin (2009).

La certificación en BPA en Colombia puede realizarse a través de entidades públicas o privadas. Las diferencias entre ellas se presentan en la Tabla 8.

Tabla 8 Diferencias entre entidades privadas y entidades públicas certificadoras en BPA

	Públicas	Privadas
¿Cuáles son?	Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)	Certificadora de Estándares Orgánicos y Ambientales (CERES). Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (Icontec).
¿Tiene costo la certificación?	No	Sí. Entre 1,5 y 2 millones de pesos.
¿Brindan sello de certificación?	No	Sí. Para el productor y para el producto.
Vigencia aproximada de la certificación	Dos años	Un año

Fuente: Cerquera-Mojica (2015).

Cosecha

Una vez el producto alcanza las cualidades aceptadas por el mercado se procede a realizar la recolección. En este proceso la higiene es parte fundamental, por tal razón se debe verificar que los utensilios empleados se mantengan limpios a lo largo del proceso, así como contar con un protocolo donde se especifiquen las características con las cuales debe contar el fruto para su correcta selección y clasificación.

Dadas las características del fruto, las fresas son denominadas como altamente perecederas (Gun-Hee y Willis, 1998) lo cual las hace muy sensibles al daño mecánico, que es causado en los tejidos del fruto por lesiones, cortes, impactos, compresiones o vibraciones debidas al inadecuado manejo del producto (Fabela-Gallegos, Hernández-Jiménez, Vázquez-Vega y Lozano-Guzmán, 2002). La sensibilidad al daño no solo se ve influenciada por la madurez del fruto sino por los factores ambientales, como la temperatura y el contenido de humedad, y por las características de la carga [estática, dinámica, oscilatoria, velocidad de carga, etc.] (Giörgy, 1986).

El manejo inapropiado del producto, desde la recolección hasta la distribución, genera daños por impacto, compresión, abrasión o perforación, los cuales incrementan la posibilidad de alteración de su proceso normal de maduración (Fabela-Gallegos et ál., 2002). Por esta razón se hace necesario que el personal conozca las características del fruto y su forma de recolección.

En Colombia, el índice de madurez para la recolección de fresa se encuentra referenciado en el color de la superficie del fruto. Este debe tener el 80 % de su superficie en color rojo o rosado, para mercado internacional, y 60 % para el mercado nacional, teniendo como base la tabla de color que se presenta en la Figura 31 (estados 4 y 3, respectivamente).



Figura 31 Tabla de color para fresa.

Fuente: Icontec (1997).

La recolección debe hacerse en horas de la mañana para que el fruto se mantenga con baja carga térmica; el fruto se desprende de la planta en forma manual mediante un esfuerzo de flexión del pedúnculo. Para el mercado en fresco los productos deben encontrarse enteros, sanos, presentar consistencia firme, tener cáliz y pedúnculo de color verde y estar exentos de cualquier olor y sabor extraño (Icontec, 1997).

Poscosecha

Selección

Deben desecharse aquellos frutos que tengan una o más de estas características:

- Tamaño muy pequeño.
- Deformaciones.
- Frutos inmaduros.
- Con daño mecánico (heridas o rayaduras).
- Con daño fitosanitario (plagas o enfermedades).
- Con materiales extraños (tierra, polvo, cuerpos extraños o restos de agroquímicos).

Clasificación

En Colombia se encuentra vigente la Norma Técnica Colombiana NTC- 4103: Frutas frescas-Fresa variedad Chandler-Especificaciones (Icontec, 1997), hasta que se complete la elaboración de la NTC 882-1: Frutas frescas-Fresas-Especificaciones.

Las categorías establecidas en la NTC-4103 son las siguientes:

- **Categoría extra:** fresa que cumple con los requisitos generales y se encuentre exenta de todo defecto que demerite la calidad del fruto.
- **Categoría I:** fresa que cumple con los requisitos generales y presenta una leve deformación causada por la mala polinización o cicatrices superficiales ocasionadas por defectos o ácaros, que no superen el 10 % del área total del fruto.
- **Categoría II:** fresa que no puede clasificarse en las categorías anteriores pero cumple con los requisitos generales. Los defectos no deben exceder el 20 % del área total del fruto.

Empaque

Las características del empaque para la fresa fresca destinada al mercado nacional o internacional se encuentran reguladas en la Norma Técnica Colombiana NTC 882-2: Frutas frescas-Fresas-Especificaciones de empaque. Para la venta al detal, los frutos se disponen en los empaques caracterizados por el cliente y una vez se hayan llenado, se procede a embalarlos para su posterior distribución. Para la venta a granel, los frutos se disponen en canastillas de 16 libras, las cuales una vez llenas se llevan al punto de acopio (Icontec, 1995).

Una vez embaladas, las fresas deben permanecer en un lugar cubierto, ventilado y seco el menor tiempo posible. Se deben registrar: la fecha de recolección, el operario, la cantidad recolectada y el número de lote para corroborar la trazabilidad del producto.

Almacenamiento y transporte

Las características generales para el almacenamiento y transporte de fresa se encuentran reguladas en la Norma Técnica Colombiana NTC 882-3: Frutas frescas-Fresas-Almacenamiento y transporte. El vehículo debe cargarse con cuidado, evitando generar daños al producto, para lo cual se recomienda el uso de una rampa para evitar daños en el embalaje. Asimismo se recomienda no apilar más de cinco cajas, para evitar aplastamiento, y hacerlo sobre estibas o piso acanalado. En el caso de que no se utilice la totalidad del espacio destinado en el vehículo, se debe inmovilizar la carga con un sistema apropiado de apilado para reducir el daño en el fruto.

Si no es posible contar con transporte refrigerado, es recomendable que los trayectos sean cortos y que preferiblemente la temperatura del ambiente sea baja y la humedad relativa alta. Se debe cuidar siempre que el vehículo transportador se encuentre limpio, en buen estado y que preferiblemente solo sea utilizado para este producto.

Para una mejor comprensión del proceso, en la Figura 32 se presenta el diagrama de flujo del proceso de cosecha y poscosecha de la fresa.

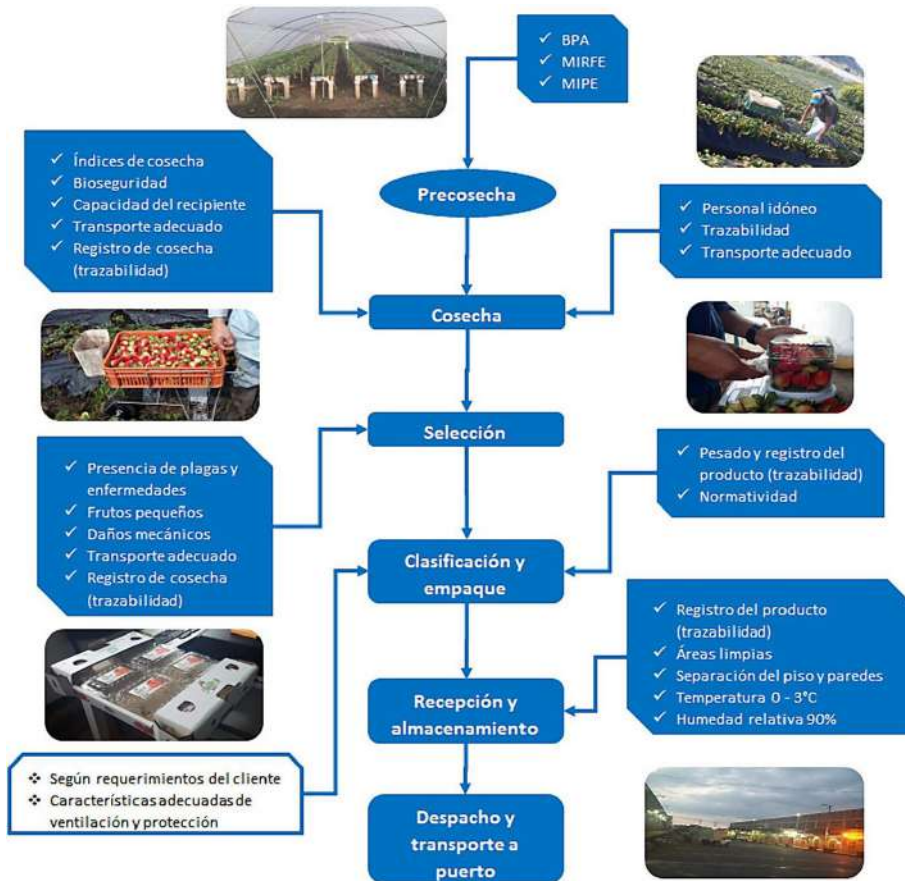


Figura 32 Protocolo de manejo cosecha y poscosecha de la fresa (*Fragaria × ananassa* Duch).
 Fuente: Equipo CTA-2, Subproyecto Fresa y Mora (2018).

Costos de producción

Los costos de producción para el cultivo de fresa se establecen tomando como base el *Manual técnico del cultivo de fresa bajo Buenas Prácticas Agrícolas* (SENA, 2014), actualizado a precios de 2016-2017, a partir de la información obtenida en las encuestas de diagnóstico en las zonas de estudio (Sibaté, Facatativá, Guasca, El Rosal, Chocontá y Mosquera), así como durante el desarrollo de las PIPA del proyecto. Se extrapola el costo por hectárea, incluyendo las diferencias entre el sistema de producción en suelo y con cama elevada y mangas de polietileno tipo “chorizo” (Tabla 9 y Tabla 10).

Tabla 9 Costos de producción (mano de obra) por hectárea del cultivo de fresa (año 2016)

Descripción	Unidad	Valor unitario	Tiempo equivalente en meses	Valor total
Mano de obra				
Preparación del terreno, fertilización, siembra y control fitosanitario (3 operarios).	Mes/hombre	\$ 1 200 000	3	\$ 10 800 000
Podas y deshojes (3 operarios).	Mes/hombre	\$ 1 500 000	1	\$ 13 500 000
Cosecha y poscosecha (7 operarios).	Jornal	\$ 1 200 000	2	\$ 16 800 000
Total mano de obra/ha (producción en piso).			793	\$ 31 100 000
Adicional: construcción de estructura de camas elevadas e instalación de “chorizos” (3 operarios).	Mes/hombre	\$ 1 500 000	1	\$ 4 500 000

Nota: Los valores monetarios están dados en pesos colombianos (COP).

Fuente: Adaptado de SENA (2014).

Tabla 10 Costos de producción (insumos) por hectárea del cultivo de fresa (año 2016)

Descripción	Unidad	Valor unitario	Cantidad	Valor total
Insumos				
Plántulas importadas (45 000+[10 % pérdida])	Unidad	\$ 450		\$ 22 050 000
Polietileno (rollo × 1000 m largo)	Unidad	\$ 380 000		\$ 3 300 000
Fertilizantes (foliares, orgánicos y químicos)	Global	\$ 10 000		\$ 10 500 000
Fungicidas e insecticidas	Global	\$ 40 000		\$ 3 000 000
Bomba de espalda	Unidad	\$ 250 000		\$ 1 400 000
Total insumos/ha				\$ 40 250 000*
Total costos directos /ha				\$ 71 350 000
Administración (8 meses)	Mes	\$ 65 000		\$ 520 000
Análisis de suelo	Unidad	\$ 120 000		\$ 240 000
Total costos indirectos /ha				\$ 760 000
Total costos directos e indirectos				\$ 72 110 000
Producción (kg/ha)			35 000**	
Costo de producción (\$/kg)				\$ 2 060
Precio de venta (\$/kg) (promedio 2016)				\$ 2 900
Rentabilidad (ingresos - egresos / egresos) × 100				40,77 %

Fuente: Adaptado de SENA (2014).

Nota: Los valores monetarios están dados en pesos colombianos (COP).

* El costo de los insumos se incrementa en un 20 % cuando se construye la estructura en madera para las bolsas con sustrato (escoria de carbón, cascarilla de arroz en mezcla con tierra negra), la cual es utilizada en el sistema de cama elevada y bolsas tipo “chorizo”.

** La producción se incrementa hasta valores que pueden superar los 40 000 kg/ha en un sistema de producción tipo “chorizo”.

Referencias bibliográficas

- Abad, M. y Noguera, P. (1998). Sustratos para el cultivo sin suelo y fertirrigación. En L. C. Cadahía (Ed.), *Fertirrigación, cultivos hortícolas y ornamentales* (2ª ed., pp. 290-339). Madrid, España: Ediciones Mundi Prensa.
- Adepetu, J. A., Nabhan, H. y Osinubi, A. (2000). *Simple Soil, Water and Plant Testing Techniques for Soil Resource Management*. *FAO Proceedings of a Training Course*, 166. Recuperado de <http://betuco.be/compost/Simple%20soil%20water%20and%20plant%20testing%20techniques%20for%20soil%20resource%20management%20FAO.pdf>
- Aizen, A. y Harder, L. (2009). The Global Stock of Domesticated Honey Bees Is Growing Slower Than Agricultural Demand for Pollination. *Current Biology*, 19 (11), 915-918.
- Akhatou, I., González-Domínguez, R. y Fernández-Recamales, Á. (2016). Investigation of the Effect of Genotype and Agronomic Conditions on Metabolomic Profiles of Selected Strawberry Cultivars With Different Sensitivity to Environmental Stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, 101(April 2016), 14-22. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2016.01.016>
- Alvarado, V. P. y Castillo, G. H. (2003). *Acolchado de suelo mediante filmes de polietileno*. Chile: Biblioteca Virtual Universal. Recuperado de <https://www.biblioteca.org.ar/libros/8862.pdf>
- Alvarez, M. (2011). *Hidroponía. Una guía esencial para cultivo en agua de frutas, hortalizas y plantas florales*. Buenos Aires, Argentina: Albatros.
- Amaya M. (2016). Polinización y biodiversidad. *Iniciativa Colombiana de Polinizadores Capítulo Abejas* [ICPA]. Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.
- Angulo, R. (2009). *Fresa Fragaria x ananassa*. Bogotá, Colombia: Bayer CropScience.
- Arévalo, G. y Castellano, M. (2009). *Manual de Fertilizantes y Enmiendas. Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central*. Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria.

- Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras. Recuperado de https://www.se.gob.hn/media/files/media/Modulo_6_Manual_Fertilizantes_y_Enmiendas.pdf
- Bahuguna, R. y Jagadish, K. (2015). Temperature Regulation of Plant Phenological Development. *Environmental and Experimental Botany*, 111(March 2015), 83-90.
- Baroncelli, R., Zapparata, A., Sarrocco, S., Sukno, S. A., Lane, C. R., Thon, M. R., Vannacci, G., Holub, E. y Sreenivasaprasad, S. (2015). Molecular Diversity of Anthracnose Pathogen Populations Associated With UK Strawberry Production Suggests Multiple Introductions of Three Different Colletotrichum Species. *PLOS ONE*, 10(6), p.e 0129140.
- Berry, R. E. y Coop, L. B. (2000). *Strawberry Root Weevil*. Oregon State University. Recuperado el 16 de enero de 2017 de: <http://mint.ippc.orst.edu/srwid.htm>
- Bolda, M. P., Koike, S. y Daugovish, O. (2016). A review on Anthracnose Disease Caused by Colletotrichum acutatum in Strawberry. University of California. Recuperado de <http://ucanr.edu/blogs/blogcore/postdetail.cfm?postnum=20250>
- Bolda, M. P., Zalom, F. G., Dara, S. K., Joseph, S. (2016). *Pest Management Guidelines: Strawberry*. California, EE. UU.: University of California, Statewide Integrated Pest Management Program.
- Bomford, M. K. y Vernon, R. S. (2005). Root Weevil (Coleoptera: Curculionidae) and Ground Beetle (Coleoptera: Carabidae) Immigration into Strawberry Plots Protected by Fence or Portable Trench Barriers. *Environmental Entomology*, 34(4), 844-849.
- Booth, S. R., Tanigoshi, L. K. y Shanks, C. H. (2002). Evaluation of Entomopathogenic Nematodes to Manage Root Weevil Larvae in Washington State Cranberry, Strawberry, and Red Raspberry. *Environmental Entomology*, 31(5), 895-902.
- Branzanti, E. C. (1989). *La fresa*. Madrid, España: Mundiprensa.
- Bushway, L. (2010). *Nutrient management in strawberries*. Ithaca, Nueva York, EE. UU.: Department of Horticulture, Cornell University.
- Calderón, L. A., Angulo, D. C., Rodríguez, D., Grijalba, C. M. y Pérez, M. M. (2013). Evaluación de materiales para el acolchado de la fresa cultivada bajo invernadero. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 9 (1), 8-19.
- Calderón, F. y Cevallos, F. (2001). *Los sustratos*. Recuperado el 10 de marzo de 2017 de http://www.drcalderonlabs.com/Publicaciones/Los_Sustratos.htm
- Calderón, M. (2014). Optimización del recurso hídrico, con cultivo ecológico de especies hortícolas, en mangas de polietileno, con un sistema de riego por goteo modelo "Anillar Moshé", bajo una estructura de caballete. En M. Ramos (Ed.), *Ciencias Tecnológicas y Agrarias. Handbook T-I* (pp. 149-182). México: ECORFAN. Recuperado

- de https://www.ecorfan.org/bolivia/handbooks/ciencias%20tecnologicas%20I/Ciencias%20Tecnologicas%20y%20Agrarias_Handbook_Vol%20I.pdf
- Campbell, C. y Miner, G. (1998). Nutrient Management for Strawberry Production. En *Strawberry Plasticulture Notebook: A Guide to Strawberry Plasticulture Production*. Raleigh, EE. UU.: The North Carolina Strawberry Association.
- Campbell, C. R. y Miner, G. S. (2000). Strawberry, Annual Hill Culture (pp. 111-112). En C. R. Campbell (Ed.), *Reference Sufficiency Ranges for Plant Analysis in the Southern Region of the United States*. EE. UU.: Southern Coop.
- Carroll, J., Pritts, M. y Heidenreich, C. (2016). *Organic Production and IPM Guide for Strawberries*. Nueva York, EE. UU.: New York State Integrated Pest Management Program.
- Casierra-Posada, F. y Vargas, Y. A. (2007). Crecimiento y producción de fruta en cultivares de fresa (*Fragaria* sp.) afectados por encharcamiento. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 1 (1), 21-32.
- Casteel, S. (2004). Strawberry Fertility and Nutrient Management. En *Strawberry Plasticulture Notebook: A Guide to Strawberry Plasticulture Production*. Raleigh, EE. UU.: The North Carolina Strawberry Association.
- Cámara de Comercio de Bogotá [CCB] (2015). *Manual Fresa*. Vicepresidencia de Fortalecimiento Empresarial, Programa de Apoyo Agrícola y Agroindustrial. Bogotá, Colombia: Núcleo Ambiental S. A. S. Recuperado el 25 de febrero de 2016 del sitio web de la Cámara de Comercio de Bogotá: <https://www.ccb.org.co/content/download/13732/175126/file/Fresa.pdf>
- Cerquera-Mojica, J. F. (2015). *Normalización de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en Colombia* [Tesis de grado]. Fusagasugá, Colombia: Universidad de Cundinamarca, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Recuperado de [http://repositorio.ucundinamarca.edu.co/bitstream/handle/20.500.12558/1462/Normalización de Buenas Practicas Agrícolas en Colombia.pdf?sequence=4&isAllowed=y](http://repositorio.ucundinamarca.edu.co/bitstream/handle/20.500.12558/1462/Normalización%20de%20Buenas%20Practicas%20Agrícolas%20en%20Colombia.pdf?sequence=4&isAllowed=y)
- Cloyd, R. A. (2010). *Broad Mite and Cyclamen Mite: Management in Greenhouses and Nurseries* (MF-2938). Kansas, EE. UU.: Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service. Recuperado el 16 de marzo de 2016 de: <https://www.bookstore.ksre.ksu.edu/pubs/MF2938.pdf>
- Cluever, J. D., Smith, H. A., Funderburk, J. E. y Frantz, G. (2015). *Thrips in Florida Strawberry Crops*. EE. UU.: University of Florida. Recuperado el 16 de marzo de 2016 de: <https://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/IN/IN107800.pdf>
- Coll, M., Shakya, S., Shouster Dagan, I., Nenner, Y. y Steinberg, S. (2007). *Entomologia experimentalis et applicata*, 122(1), 59-67. Recuperado de <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201301121755>

- Cortés, R. (2011). *Propuesta técnica-ambiental para asegurar la inocuidad de fresas cultivadas en Cartago, Costa Rica*. San José, Costa Rica: Universidad para la Cooperación Internacional.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE] (2013). *Boletín Semanal. Precios Mayoristas* (53), 21 de junio de 2013. Bogotá, Colombia. Recuperado de https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/Semana_15jun_21jun_2013.pdf
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE] (2016). *Tercer Censo Nacional Agropecuario* (Tomo 2 - Resultados). Recuperado de <https://www.dane.gov.co/files/images/foros/foro-de-entrega-de-resultados-y-cierre-3-censo-nacional-agropecuario/CNATomo2-Resultados.pdf>
- De Cerqueira, P., Otto, R., Vitti, G. C., Quintino, T. A., Altran, W. S. e Ikeda, R. (2010). Optimización de la aplicación de enmiendas y fertilizantes. *Informaciones agronómicas* (78), 1-24. Recuperado el 7 de marzo de 2017 de: [http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/4A558B7BFD88DEA0852579A0006A1622/\\$FILE/Inf-Agro%2078%20web.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/4A558B7BFD88DEA0852579A0006A1622/$FILE/Inf-Agro%2078%20web.pdf)
- Easterbrook, M. A., Fitzgerald, J. D., Pinch, C., Tooley, J. y Xu, X. M. (2003). Development Times and Fecundity of Three Important Arthropod Pests of Strawberry in the United Kingdom. *Annals of Applied Biology*, 143(3), 325-331.
- Edmonson, R., Richardson, P., Willmott, D., Hart, A. y Long, S. (2002). Use of a Cold-Active Entomopathogenic Nematode *Steinernema kraussei* to Control Overwintering Larvae of the Black Vine Weevil *Otiorynchus sulcatus* (Coleoptera: Curculionidae) in Outdoor Strawberry Plants. *Nematology*, 4(8), 925-932. Recuperado el 16 de enero de 2017 de: <http://booksandjournals.brillonline.com/content/journals/10.1163/156854102321122548>
- Escalona, C. V., Alvarado, V. P., Monardes, M. H., Urbina, Z. C. y Martin, B. A. (2009). En N. Hortícola (Ed.), *Manual de cultivo del cultivo de sandía (Citrullus lanatus) y melón (Cucumis melo L)*. Santiago de Chile: Innova Chile CORFO.
- Fabela-Gallegos, M. J., Hernández-Jiménez, J. R., Vázquez-Vega, D. y Lozano-Guzmán, A. (2002). *Vibración durante el transporte y su efecto en perecederos* (Publicación técnica n.º 188). Querétaro, México: Instituto Mexicano del Transporte.
- Fageria, N. K., Barbosa, M., Moreira, A. y Guimaraes, C. (2009). Foliar Fertilization of Crop Plants. *Journal of Plant Nutrition*, 32(6), 1044-1064.
- Fasulo, T. R. y Denmark, H. A. (2000). *Two Spotted Spider Mite*. Recuperado de http://entnemdept.ufl.edu/creatures/orn/twospotted_mite.htm
- Finck, A. (1985). *Fertilizantes y fertilización: fundamentos y métodos para la fertilización de los cultivos*. Barcelona, España: Reverte.

- Fipps, G. (1996). *Irrigation Water Quality Standards and Salinity Management Strategies*. Texas, EE. UU.: Agrilife Extension, Texas A&M System.
- Flórez, R. y Mora, R. A. (2010). *Fresa (Fragaria x ananassa Duch.): producción y manejo poscosecha*. Colombia: Corredor Tecnológico Agroindustrial, Cámara de Comercio de Bogotá, Editorial Produmedios. Recuperado de <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/13332?show=full>
- Flores Faura, R. y Mora Cabeza, R. A. (2010). *Fresa (Fragaria × ananassa Duch.), producción y manejo poscosecha*. Bogotá, Colombia: Corredor Tecnológico Agroindustrial y Cámara de Comercio de Bogotá.
- Fonteno, D. (1999). Sustratos: tipos y propiedades fisicoquímicas. En D. Reed (Ed.), *Agua, sustratos y nutrición en los cultivos de flores bajo invernadero* (pp. 93-123). Bogotá, Colombia: Ball Publishing-HortiTecnía Ltda.
- Free, J. B. (1993). *Insect pollination of crops*. Londres, Reino Unido: Academic Press.
- Garrido-Valero, M.S. (1993). Interpretación de análisis de suelo. En Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación (Ed.), *Hojas divulgadoras* (Vol. 5). Madrid, España. Recuperado de http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1993_05.pdf
- Giörgy, S. (1986). *Mechanics of agricultural materials*. En T.N. Kiadó (Ed.). Budapest, Hungría: Elsevier Science Publisher.
- Gómez, M. I. (2010). *Criterios para la fertilización en frutales* [Notas de clase]. Bogotá: Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia.
- Grijalva, C. M. (2015). *Crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos de fresa Albion y Monterey establecidos bajo macrotúnel y a campo abierto en el trópico alto* [Tesis para optar por el título de Magister en Biología Aplicada]. Universidad Militar Nueva Granada, Colombia.
- Gun-Hee, K. y Willis, R. H. (1998). Interaction of Enhanced Carbon Dioxide and Reduced Ethylene on the Storage Life of Strawberries. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 73(2), 181-184.
- Haifa Group. (2013). *Crop Guide: Strawberry Plant Care & Recommendation*. Recuperado de <https://www.haifa-group.com/print/1720>
- Handley, D.T. (2014). *Strawberry Pest Management Season Begins*. Maine, EE. UU.: University of Maine. Recuperado de <http://umaine.edu/highmoor/blog/2014/05/27/strawberry-ipm-newsletter-no-1-may-23-2014/>
- Handley, D. T. y Pollard, J. E. (1993). Microscopic Examination of Tarnished Plant Bug (Heteroptera: Miridae) Feeding Damage to Strawberry. *Journal of Economic Entomology*, 86(2), 505-510.

- Hoy, M. A. (2011). *Agricultural acarology: introduction to integrated mite management*. Nueva York, EE. UU.: CRC Press.
- Imas, P. (1999). *Recent Techniques in Fertigation of Horticultural Crops in Israel*. Beerseva, Israel: International Potash Institute.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [Icontec] (2006). *Norma Técnica Colombiana NTC 5400. Buenas Prácticas Agrícolas para frutas, hierbas aromáticas culinarias y hortalizas frescas*. Bogotá, Colombia: Autor.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [Icontec] (1997). *Norma Técnica Colombiana NTC 4103. Frutas Frescas. Fresa Variedad Chandler. Especificaciones*. Bogotá, Colombia: Autor.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [Icontec] (1995). *Norma Técnica Colombiana NTC 882-2. Frutas frescas. Fresas. especificaciones de empaque*. Bogotá, Colombia: Autor.
- Instituto Nacional de Salud (2011). *Manual de instrucciones para la toma, preservación y transporte de muestras de agua para análisis de laboratorio*. Subdirección Red Nacional de Laboratorios, Programa de Vigilancia por Laboratorio de la Calidad de Agua para Consumo Humano. Recuperado de <https://www.ins.gov.co/sivicap/Documentacin%20SIVICAP/2011%20Manual%20toma%20de%20muestras%20agua.pdf>
- Ippolito, A. y Nigro, F. (2000). Impact of Preharvest Application of Biological Control Agents on Postharvest Diseases of Fresh Fruits and Vegetables. *Crop Protection*, 19(8-10), 715-723.
- Jelen, H. H., Krawczyk, J., Larsen, T. O., Jarosz, A. y Gołębniak, B. (2005). Main Compounds Responsible for Off-odour of Strawberries Infected by *Phytophthora cactorum*. *Letters in Applied Microbiology*, 40(4), 255-259. <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1472-765X.2005.01668.x>
- Ji, M., Yang, J., Wu, X., Xiao, T., Yao, K. y Zhuang, Y. (2013). Biocontrol of Strawberry Anthracnose Caused by *Colletotrichum fragariae*. *Agricultural Science and Technology*, 14(11), 1569-1571.
- Kant, S. y Kafkafi, U. (2013). *Fertigation. Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*. Recuperado de <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780124095489051617>
- Kim, H.-J., Lee, S.-H., Kim, C.-S., Lim, E.-K., Choi, K.-H., Kong, H.-G., Kim, D.-W., Lee, S.-W. y Moon, B.-J. (2007). Biological Control of Strawberry Gray Mold Caused by *Botrytis cinerea* Using *Bacillus licheniformis* N1 Formulation. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 17(3), 438-444.
- Ledesma, N. A., Nakata, M. y Sugiyama, N. (2008). Effect of High Temperature Stress on the Reproductive Growth of Strawberry cvs. 'Nyoho' and 'Toyonoka'. *Scientia Horticulturae* (116), 186-193.

- Liévano, A., Ospina, R. y Nates, G. (1991). Distribución altitudinal del género *Bombus* en Colombia (Hymenoptera: Apidae). *Trianea: Acta Científica y Tecnológica Inderena* (4), 541-550.
- Loeb, G. (2007). Overview of the biology and management of root weevils. *New York Berry News*, 6(2).
- Louws, F. y Ridge, G. (2014). *Leather rot of strawberry*. NC State University. Recuperado el 24 de noviembre de 2016 de: <https://content.ces.ncsu.edu/leather-rot-of-strawberry>
- Martínez-Barroso, M.C. y Álvarez, C.E. (1997). Toxicity Symptoms and Tolerance of Strawberry to Salinity in the Irrigation Water. *Scientia Horticulturae*, 71(3-4), 177-188.
- McGinnis, M., Stokes, C. y Cleveland, B. (2014). *NCDA & CS Plant Tissue Analysis Guide. Plant/Waste/Solution/Media Analysis Section*. Raleigh, Carolina del Norte, EE. UU.: North Carolina Department of Agriculture, Agronomic Division, Consumer Services.
- Meier, U., Graf, H., Hack, H., Hess, M., Kennel, W., Klose, R., Mappes, D., Seipp, D., Stauss, R., Streif, J. y Van Den Boom, T. (1994). Phänologische Entwicklungsstadien des Kernobstes (*Malus domestica* Borkh. und *Pyrus communis* L.) des Steinobstes (Prunus-Arten), der Johannisbeere (Ribes-Arten) und der Erdbeere (*Fragaria × ananassa* Duch.). *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes* (46), 141-153.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2016). *Anuario Estadístico del Sector Agropecuario 2014. Resultados Evaluaciones Agropecuarias Municipales (EVA)*. Bogotá, Colombia: Oficina Asesora de Planeación y Prospectiva, Grupo de Información y Estadísticas Sectoriales. Recuperado de <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/handle/11438/8506>
- Monroy, M. y Reyes, R. (2013). *¿Cómo implementar las Buenas Prácticas Agrícolas?* Bogotá, Colombia: Corpoica.
- Montes, C., Peña, C. S. y Gutiérrez, V. (2013). Efecto insecticida del extracto de *Bocconia frutescens* L. sobre larvas de chisas. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 11(2), 19-28.
- Moreno, R., García, T., Storch de Gracia y Asensio, J. M., Muñoz, M. y Pérez, E., (2011). Fertilización y corrección edáfica de suelos agrícolas con productos orgánicos. *Tecnología y Desarrollo*, 9.
- Munson, R. y Nelson, W. (1990). Principles and practices in plant analysis. *FAO Soils Bulletins* (17), 359-387. Recuperado de <https://dl.sciencesocieties.org/publications/books/articles/sssabookseries/soiltestingandp/359?show-t-f=tables&wrapper=no>
- Murillo-Castillo, R. G., Piedra-Marín, G. y León, R. (2013). Absorción de nutrientes a través de la hoja. *Uniciencia*, 27(1), 232-244. Recuperado de <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/uniciencia/article/view/4952>

- Ontario Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs [Omafra] (2009a). *Strawberries*. Ontario, Canadá: Autor. Recuperado de <http://www.omafra.gov.on.ca/IPM/english/strawberries/index.html>
- Ontario Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs [Omafra] (2009b). *Ontario Crop IPM. Root Weevil*. Recuperado de <http://www.omafra.gov.on.ca/IPM/english/strawberries/insects/root-weevil.html>
- Opstad, N., Sønsteby, A., Myrheim, U. y Ola, M. H. (2011). Seasonal Timing of Floral Initiation in Strawberry: Effects of Cultivar and Geographic Location. *Scientia Horticulturae*, 129(1), 127-134.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO] (1999). *Guía para el manejo eficiente de la nutrición de las plantas*. Roma, Italia: Autor.
- Osorno, H. (2012). *Mitos y realidades de las cales y enmiendas en Colombia* [Trabajo de grado]. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Recuperada de <http://bdigital.unal.edu.co/6834/1/70660741.2012.pdf>.
- Partap, U. (2011). The pollination role of honeybees. *Honeybees of Asia*. Berlin, Heidelberg, Alemania: Springer-Verlag.
- Pérez, T. M. (2014). *Evaluación del abejorro Bombus atratus Franklin (Hymenoptera: Apidae) como polinizador en fresa (Fragaria × ananassa Duch. 'Camarosa') bajo invernadero* [Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de Magister en Ciencias Agrarias con énfasis en Entomología]. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agrarias, Bogotá, Colombia. Recuperada de <http://bdigital.unal.edu.co/42946/1/790767.2014.pdf>
- Porras, M., Barrau, C., Arroyo, F. T., Santos, B., Blanco, C. y Romero, F. (2007). Reduction of *Phytophthora cactorum* in Strawberry Fields by *Trichoderma* spp. and Soil Solarization. *Plant Disease*, 91(2), 142-146.
- Resolución 4174 de 2009 [Instituto Colombiano Agropecuario-ICA]. Colombia. *Por medio de la cual se reglamenta la certificación de Buenas Prácticas Agrícolas en la producción primaria de fruta y vegetales para consumo en fresco*. Noviembre 6 de 2009.
- Ri, A. D. (2011). *Manual de instalación de un macrotúnel para la producción de fresa*. México. Recuperado de <http://spotidoc.com/doc/310956/manual-de-instalaci%C3%B3n-de-un-macrotunel-para-la-producci%C3%B3n>
- Rodrigo, J., Hernández, J., Pérez, J. y González, J. (1992). *Riego localizado*. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa.
- Ruíz, R. y Piedrahita, W. (2012). Fresa (*Fragaria × ananassa*). En G. Fischer (Ed.), *Manual para el cultivo de frutales en el trópico* (pp. 474-495). Bogotá: Produmedios.

- Santos, A. T. y Aguilar, D. (1999). Fertilización foliar, un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos. *Tierra*, 17(3), 246-255.
- Santos, B. y Obregón, H. (2009). *Prácticas culturales para la producción comercial de fresas en Florida*. EE. UU.: Department of Horticultural Science, Servicio de Extensión Cooperativa de la Florida, Universidad de Florida.
- Savoy, H. (2012). Soil Testing. *Biosystems Engineering & Soil Science* (7), 5-6.
- Servicio Nacional de Aprendizaje [SENA] (2014). *Formato Estructura Funcional de la Ocupación. Operario poscosecha*. Quindío, Colombia: Centro Agroindustrial. Recuperada de <http://certificados.sena.edu.co/claborales/default.asp#resultado>
- Sierra, C., Lancelloti, A. y Vidal, I. (2007). Elemental Sulphur As pH and Soil Fertility Amendment for Some Chileans Soils of Regions III and IV. *Agricultura Técnica*, 67(2), 173-181. Recuperado el 9 de marzo de 2017 de <http://www.scielo.cl/pdf/agrtec/v67n2/ato7.pdf>
- Smith, M., Allen, R., Monteith, J., Perrier, A., Pereira, L., y Segeren, A. (1991). *Report of the Expert Consultation on Procedures for Revision of FAO Guidelines for Prediction of Crop Water Requirements*. Italia: FAO.
- Solano, Y., Sosa, F. y Camacaro, M. P. (2015). Registros de noctuidos (Lepidoptera: Noctuidae) asociados al cultivo de fresa en el occidente de Venezuela. *Entomotrópica*, 30(19), 193-200.
- Spangler, S. M., Weires, R. W. y Agnello, A. M. (1991). *Tarnished plant bug*. Nueva York, EE. UU.: New York State IPM Program, Cornell University.
- Steiner, M.Y. y Goodwin, S. (2005). Management of Thrips (Thysanoptera: Thripidae) in Australian Strawberry Crops: Within-plant Distribution Characteristics and Action Thresholds. *Australian Journal of Entomology*, 44(2), 175-185.
- Surendra, K. D. (2015). Increasing Risk of Lygus Bug Damage to Celery on the Central Coast. *E-Journal of Entomology and Biologicals*, UCANR. Recuperado el 6 de enero de 2017 de <http://ucanr.edu/blogs/blogcore/postdetail.cfm?postnum=19221>
- Surendra, K. D. (2016). *Strawberry fruit deformity and the role of lygus bug*. Recuperado el 11 de enero de 2017 de: https://capca.com/assets/pdf/Strawberry_Fruit_Deformity_and_LygusBug_June2016.pdf
- Tebbutt, T. H. Y. (1998). *Principles of water quality control* (5th edition). Butterworth-Heinemann.
- Terés, T. (2001). *Relaciones aire agua en sustratos de cultivo como base para el control de riego. Metodología de laboratorio y modelización*. Madrid, España: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid.

- Turechek, B. y Heidenreich, C. (s. f.). *Strawberry Anthracnose* (p. 6). Nueva York, EE. UU.: Cornell University, 334 Plant Science Building, Ithaca.
- Turechek, W. W., Wang, S., Tiwari, G. y Peres, N. A. (2013). Investigating Alternative Strategies for Managing Bacterial Angular Leaf Spot in Strawberry Nursery Production. *International Journal of Fruit Science*, 13(1-2), 234-245. Recuperado de <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84867272356&partnerID=40&md5=fadca7de7019ecf4boca9af024821114>
- Universidad de California Extensión Cooperativa [UCCE] (2015). *Manual de producción de fresa para los agricultores de la Costa Central* (2ª edición en español). California, EE. UU.: Distrito de Conservación de Recursos de Cachuma. Recuperado de <http://cesantabarbara.ucanr.edu/files/228580.pdf>
- Ulrich, A., Mostafa, M., & Allen, W. (1980). *Strawberry Deficiency Symptoms: A Visual and Plant Analysis Guide to Fertilisation*. California, EE. UU.: Universidad de California.
- Vallejo, F. y Estrada, E. (2002). *Mejoramiento genético de plantas*. Palmira, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira.
- Velázquez-Machuca, M. P. (2009). *Agronomía de la fresa: principios y nuevas tecnologías* (1ª ed.). México D. F., México: Instituto Politécnico Nacional.
- Verheul, M. J., Sønsteby, A. y Grimstad, S. O. (2007). Influences of Day and Night Temperatures on Flowering of *Fragaria × ananassa* Duch., cvs. Korona and Elsanta, at Different Photoperiods. *Scientia Horticulturae*, 112(2), 200-206.
- Yamamoto, S., Shiraishi, S. y Suzuki, S. (2015). Are Cyclic Lipopeptides Produced by *Bacillus amyloliquefaciens* S13-3 Responsible for the Plant Defence Response in Strawberry Against *Colletotrichum gloeosporioides*? *Letters in Applied Microbiology*, 60(4), 379-386.
- Zalom, F. G., Bolda, M. P., Dara, S. K. y Joseph, S. (2014). *UC IPM Pest Management Guidelines: Strawberry*, UC ANR Publication 3468. Oakland, EE. UU.: University of California Statewide Integrated Pest Management Program.

Este libro se compuso
en Bogotá, D. C., en el año 2021,
usando tipos Ancízar
y el lenguaje
ConT_EXt