

MANUAL DE PRODUCCIÓN DE PEPINO BAJO INVERNADERO



EDITORES ACADÉMICOS: CARLOS BOJACÁ Y OSCAR MONSALVE



UNIVERSIDAD DE BOGOTÁ
JORGE TADEO LOZANO



Centro de
Bío-SISTEMAS
Universidad Jorge Tadeo Lozano



Libertad y Orden
Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural
República de Colombia

MANUAL DE PRODUCCIÓN DE **PEPINO** BAJO INVERNADERO



UNIVERSIDAD DE BOGOTÁ
JORGE TADEO LOZANO



Libertad y Orden

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural
República de Colombia

Manual de producción de pepino bajo invernadero / Héctor Casilimas ... [et al.]; editores académicos Carlos R. Bojacá, Oscar Monsalve. – Bogotá: Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, 2012.
208 p.: il. col.; 28 cm.

ISBN: 978-958-725-098-5

1. PEPINOS - CULTIVO. 2. CULTIVOS DE INVERNADERO. I. Casilimas, Héctor II. Bojacá, Carlos R., ed. III. Monsalve, Oscar, ed.

CDD635.63"M294"

©Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, 2012

Carrera 4 No. 22-61 / PBX: 2427030 /www.utadeo.edu.co

MANUAL DE PRODUCCIÓN DE PEPINO BAJO INVERNADERO

ISBN: 978-958-725-098-5

Primera edición: 2012

RECTORA:

Cecilia María Vélez White

VICERRECTOR ACADÉMICO:

Diógenes Campos Romero

DECANO FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍA:

José Daniel Bogoya Maldonado

DIRECTOR CENTRO DE BIO-SISTEMAS:

Oscar Duarte Torres

DIRECTOR (E) DE PUBLICACIONES:

Jaime Melo Castiblanco

COORDINADOR EDITORIAL:

HENRY COLMENARES MELGAREJO

REVISIÓN DE TEXTOS:

Camilo Gamboa y Henry Colmenares

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN:

Oscar Joan Rodríguez

DISEÑO DE PORTADA:

Jairo Andrés García Gutiérrez

IMPRESIÓN:

Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin autorización escrita de la Universidad.

IMPRESO EN COLOMBIA - PRINTED IN COLOMBIA

Editores académicos:

Carlos R. Bojacá

Oscar Monsalve

MANUAL DE PRODUCCIÓN DE PEPINO BAJO INVERNADERO

Autores:

Héctor Casilimas

Oscar Monsalve

Carlos R. Bojacá

Rodrigo Gil

Edwin Villagrán

Luis Alejandro Arias

Luz Stella Fuentes

El contenido de esta publicación se basa en las experiencias y resultados obtenidos durante la ejecución del proyecto de innovación tecnológica denominado

**DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO DE PRODUCCIÓN PARA
LOS CULTIVOS DE PEPINO Y PIMENTÓN BAJO INVERNADERO.**

Este proyecto fue cofinanciado por el Ministerio de Agricultura y
Desarrollo Rural.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN 13

GENERALIDADES DEL CULTIVO 15

INTRODUCCIÓN.....16

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA.....17

FISIOLOGÍA DEL CULTIVO18

MANEJO DEL CULTIVO..... 21

PROPAGACIÓN.....22

INTRODUCCIÓN.....22

SEMILLEROS TRADICIONALES22

SEMILLEROS MODERNOS.....23

PROPAGACIÓN DE PEPINO COHOMBRO25

MATERIAL VEGETAL.....26

EVALUACIÓN DE MATERIALES DE PEPINO27

LABORES CULTURALES.....39

PODAS DE FORMACIÓN.....39

TUTORADO DEL CULTIVO.....42

DESHOJE43

RALEO DE FRUTOS.....44

ECOFISIOLOGÍA DEL CULTIVO Y MANEJO DEL CLIMA 47

ECOFISIOLOGÍA DEL CULTIVO.....48

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS DEL CULTIVO.....48

DESÓRDENES FISIOLÓGICOS Y CONDICIONES DE ESTRÉS.....50

MANEJO DEL CLIMA53

INVERNADEROS EN COLOMBIA54

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL INVERNADERO.....55

RESULTADOS DE INVESTIGACIONES.....65

RIEGO..... 71

INTRODUCCIÓN.....72

EL AGUA EN EL SUELO.....72

NECESIDADES HÍDRICAS DEL CULTIVO DE PEPINO.....	76
EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA (ET _o)	76
EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL (ET _p)	77
COEFICIENTE DE EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO DE PEPINO (K _c).....	77
NECESIDADES DE RIEGO DEL CULTIVO (ET_c).....	78
EJEMPLO: DETERMINACIÓN NECESIDADES DE RIEGO DEL CULTIVO	79
PROGRAMACIÓN DEL RIEGO.....	80
MEDIDA DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO.....	80
MEDIDA DEL ESTADO HÍDRICO DE LA PLANTA.....	82
MEDIDA DE PARÁMETROS CLIMÁTICOS	83
CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO	83
CONCEPTOS PREVIOS DE RIEGO	85
UNIFORMIDAD DE RIEGO.....	85
EFICIENCIA DE APLICACIÓN	85
RIEGO POR GOTEIO	86
FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA.....	87
CABEZAL PRINCIPAL DE RIEGO	88
DISEÑO DEL SISTEMA	100
MANTENIMIENTO DEL SISTEMA	110
BUENAS PRÁCTICAS DE RIEGO	110

FERTILIZACIÓN 113

INTRODUCCIÓN.....	114
ELEMENTOS MAYORES	114
ELEMENTOS SECUNDARIOS	116
ELEMENTOS MENORES	119
ACIDEZ.....	122
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE).....	123
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIÓNICO (CIC).....	123
MATERIA ORGÁNICA.....	123
TEXTURA	124
FORMULACIÓN DE FERTILIZANTES	126
FERTILIZACIÓN PRESIEMBRA (FONDO)	126
FERTILIZACIÓN DE MANTENIMIENTO.....	130
FERTILIZACIÓN ORGÁNICA.....	133

MANEJO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES 137

INTRODUCCIÓN.....	138
ARTRÓPODOS PLAGA EN PEPINO.....	139

MOSCA BLANCA O PALOMILLA (<i>Trialeurodes vaporariorum</i> , <i>Bemisia tabaci</i>)	139
ÁFIDOS O PULGONES (<i>Macrosiphum euphorbiae</i> , <i>Myzus persicae</i> , <i>Aphis gossypii</i>)	141
TRIPS (<i>Frankliniella occidentalis</i> , <i>Trips palmi</i>).....	144
ARAÑA ROJA O ÁCARO DE LA MANCHA BIMACULADA (<i>Tetranychus urticae</i>).....	146
ENFERMEDADES DEL PEPINO	149
GOTA O TIZÓN TARDÍO (<i>Phytophthora infestans</i>).....	149
MOHO GRIS (<i>Botrytis cinerea</i>).....	150
MILDEO POLVOSO (<i>Sphaerotheca fuliginea</i>).....	151
MILDEO VELLOSO (<i>Pseudoperonospora cubensis</i>).....	153
MARCHITEZ FUSARIANA (<i>Fusarium oxysporum</i>)	154
MOHO FOLIAR O CLADOSPORIOSIS (<i>Fulvia fulva</i> Syn. <i>Cladosporium fulvum</i> , <i>Cladosporium cucumerinum</i>)	157
DAMPING-OFF O MUERTE SÚBITA	157
EL VIRUS DEL MOSAICO DEL PEPINO (CMV).....	158
NEMÁTODOS (<i>Meloidogyne incognita</i> , <i>Meloidogyne javanica</i>)	159
COSECHA Y POSCOSECHA	161
INTRODUCCIÓN.....	162
CALIDAD.....	162
CALIDAD COMERCIAL	162
CALIDAD SENSORIAL (ORGANOLÉPTICA)	163
CALIDAD HIGIÉNICA	163
FACTORES PRECOSECHA QUE INFLUYEN EN LA CALIDAD DE LOS FRUTOS	163
FACTORES AMBIENTALES	163
PRÁCTICAS DE MANEJO DEL CULTIVO	164
MADUREZ	165
MADUREZ FISIOLÓGICA	165
MADUREZ DE COSECHA.....	165
MADUREZ COMERCIAL	165
MADUREZ DE CONSUMO.....	165
ÍNDICES DE MADUREZ	166
COSECHA.....	166
INTRODUCCIÓN.....	166
EPOCA DE COSECHA.....	167
MÉTODOS DE COSECHA	168
COSECHA DE PEPINO	168
POSCOSECHA	170
INTRODUCCIÓN	170
FISIOLOGÍA DE LA POSCOSECHA	170

CLASIFICACIÓN DE LAS FRUTAS 171

LABORES POSCOSECHA..... 172

POSCOSECHA DE PEPINO 175

CRITERIOS DE CALIDAD 175

CLASIFICACIÓN..... 176

ANÁLISIS FINANCIERO 179

INTRODUCCIÓN..... 180

ELEMENTOS DE LA EVALUACIÓN FINANCIERA..... 180

 INVERSIONES 180

 COSTOS DE PRODUCCIÓN 181

 INGRESOS..... 183

 FLUJO DE CAJA 183

 RELACIÓN BENEFICIO-COSTO (B/C)..... 184

 TASA INTERNA DE RETORNO (TIR) 184

 VALOR ACTUAL NETO (VAN) 185

 PUNTO DE EQUILIBRIO 186

 ESTADÍSTICA DE PRECIOS 186

 EVALUACIÓN FINANCIERA DE LA PRODUCCIÓN DE PEPINO 187

 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS 189

 INVERSIONES 189

 EVALUACIÓN FINANCIERA 191

ANÁLISIS DE RESULTADOS FINANCIEROS 194

CONCLUSIONES FINANCIERAS 197

BIBLIOGRAFÍA 199

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Híbridos de pepino seleccionados para su evaluación bajo condiciones semicomerciales.28

Tabla 2. Comparación de días a floración después del trasplante para los materiales de pepino evaluados en el primer ciclo de cultivo en el CBios.30

Tabla 3. Comparación de días a cosecha después de trasplante para los materiales de pepino evaluados en el primer ciclo de cultivo en el CBios.30

Tabla 4. Comparación de días a floración después del trasplante para los materiales de pepino evaluados en el segundo ciclo de cultivo en el CBios.31

Tabla 5. Comparación de días a cosecha después de trasplante para los materiales de pepino evaluados en el segundo ciclo de cultivo en el CBios.31

Tabla 6. Diámetro de frutos de los materiales de pepino evaluados en el primer ciclo de cultivo en el CBios.....32

Tabla 7. Longitud de frutos de los materiales de pepino evaluados en el primer ciclo de cultivo en el CBios.....32

Tabla 8. Peso de frutos de los materiales de pepino evaluados en el primer ciclo de cultivo en el CBios.....	33
Tabla 9. Diámetro de frutos de los materiales de pepino evaluados en el segundo ciclo de cultivo en el CBios.....	33
Tabla 10. Longitud de frutos de los materiales de pepino evaluados en el segundo ciclo de cultivo en el CBios.....	34
Tabla 11. Peso de frutos de los materiales de pepino evaluados en el segundo ciclo de cultivo en el CBios.....	34
Tabla 12. Número total de frutos de los materiales de pepino evaluados en el segundo ciclo de cultivo en el CBios.....	35
Tabla 13. Número total de frutos de los materiales de pepino evaluados en el segundo ciclo de cultivo en el CBios.....	35
Tabla 14. Producción total de los materiales de pepino evaluados en el primer ciclo de cultivo en el CBios.....	36
Tabla 15. Producción total de los materiales de pepino evaluados en el segundo ciclo de cultivo en el CBios.....	36
Tabla 16. Componentes de producción de los materiales de pepino evaluados en el primer ciclo de cultivo en el CBios.....	37
Tabla 17. Componentes de producción de los materiales de pepino evaluados en el segundo ciclo de cultivo en el CBios.	38
Tabla 18. Valores recomendados de temperatura para el cultivo de pepino de acuerdo con varios autores.....	48
Tabla 19. Rangos de humedad relativa diurnos y nocturnos para el cultivo de pepino bajo invernadero.....	49
Tabla 20. Principales diseños de invernaderos utilizados en Colombia.	58
Tabla 21. Descripción de los modelos experimentales de invernaderos evaluados.	66
Tabla 22. Velocidad de infiltración para distintos tipos de suelo.	76
Tabla 23. Valores de Kc para las diferentes etapas de cultivo de pepino. FAO (1976).....	78
Tabla 24. Valores de ETo para diferentes zonas del país.....	78
Tabla 25. Requerimientos de riego para las diferentes etapas fenológicas del cultivo de pepino en diferentes regiones del país.	80
Tabla 26. Criterios para interpretar lecturas del tensiómetro.....	81
Tabla 27. Selección de filtros según la fuente de agua.....	90
Tabla 28. Caudales máximos de filtración en función de la calidad del agua.	90
Tabla 29. Materiales porosos utilizados en la fabricación de filtros de arenas.....	91
Tabla 30. Selección de filtros en función del caudal del sistema y la calidad agua de riego.....	92
Tabla 31. Selección de filtro de discos en función del caudal del sistema.....	93
Tabla 32. Selección de filtro de discos en función de su capacidad de filtrado en Mesh.....	94
Tabla 33. Accesorios utilizados para la instalación de sistemas de riego por goteo.....	95
Tabla 34. Matriz de selección de tuberías en función de la velocidad de flujo y pérdidas por fricción en la tubería.....	101
Tabla 35. Factor de corrección en función del número de líneas de riego.	107
Tabla 36. Textura del suelo.....	125

Tabla 37. Niveles óptimos en el suelo para el cultivo de pepino.....	127
Tabla 38. Pesos atómicos de los elementos nutricionales esenciales para las plantas.....	128
Tabla 39. Contenido nutricional de la fórmula estándar de fertirriego para el cultivo de pepino.	130
Tabla 40. Extracción de nutrientes del cultivo de pepino por ciclo de producción.	131
Tabla 41. Contenido nutricional de los materiales orgánicos caracterizados ...	133
Tabla 42. Clasificación de las frutas según su metabolismo	171
Tabla 43. Inversión necesaria para producir una hectárea de pepino cohombro y europeo bajo invernadero.	190
Tabla 44. Costos anuales necesarios para producir una hectárea de pepino cohombro y europeo bajo invernadero.....	191
Tabla 45. Flujo de caja para los cinco años del proyecto productivo del cultivo de pepino cohombro.	192
Tabla 46. Flujo de caja para los cinco años del proyecto productivo del cultivo de pepino europeo.	193
Tabla 47. Principales características de los diferentes tipos de clientes incluidos en la evaluación económica según los datos recopilados en campo y conversación directa con productores y clientes.....	194

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Producción de pepino cohombro en Colombia (2000-2009).	16
Figura 2. Rendimiento de pepino cohombro en Colombia (2000-2009).	17
Figura 3. Plántula de pepino cohombro.....	26
Figura 4. Invernadero F tipo venlo ubicado en el Centro de Bio-Sistemas de la Universidad Jorge Tadeo Lozano (CBios).....	27
Figura 5. Siembra de materiales de pepino en el CBios.....	28
Figura 6. Sistema de podas empleado sobre las plantas de pepino de la investigación de híbridos.	29
Figura 7. Estructura de las yemas axilares en pepinos bajo invernadero.....	40
Figura 8. Fruto de pepino que se debe retirar inicialmente.....	40
Figura 9. Colgado de plantas de pepino.	41
Figura 10. Poda de formación en pepinos bajo invernadero.	41
Figura 11. Poda de mantenimiento en pepinos bajo invernadero.....	42
Figura 12. Tutorado de plantas de pepino bajo invernadero empleando una cuerda o hilo que se enreda sobre el tallo principal.....	43
Figura 13. Colgado semanal de plantas de pepino.....	43
Figura 14. Plantas de pepino donde se puede iniciar el deshoje de su parte basal...44	
Figura 15. Frutos que deben ser retirados de la planta. Nótese lo cerca que están del plástico.....	45
Figura 16. Fruto con síntomas de amarillamiento.	51
Figura 17. Frutos curvos.	52
Figura 18. Plásticos utilizados para construcción de invernaderos.....	62
Figura 19. Invernadero de madera, de guadua y de metal	62
Figura 20. Sistema de fijación de plástico tradicional y a presión	63

Figura 21. Plástico con suciedad acumulada.....	63
Figura 22. Pantallas térmicas metálicas y plásticas	64
Figura 23. Ductos inflables.....	64
Figura 24. Acolchados plásticos	65
Figura 25. Patrones de velocidad del viento (m s ⁻¹) y distribución de temperatura (°C) simulados para: invernadero prototipo No. 1, invernadero modificado No. 2 y invernadero modificado No. 3.....	68
Figura 26. Detalle de la red de poros del suelo.....	72
Figura 27. El agua en el suelo	73
Figura 28. Suelo en condiciones de saturación, de capacidad de campo (CC) y de marchitez permanente (PMP).....	75
Figura 29. Valores de Kc asumidos en las diferentes etapas fenológicas del cultivo. Romero (2009).....	78
Figura 30. Tensiómetros, bloques de yeso y TDR. Fuente: Fernández (2001).	81
Figura 31. Sensores de variación del diámetro del fruto y del tallo, sensor de flujo de savia. Fuente: Fernández (2001).....	82
Figura 32. Estación meteorológica remota.....	83
Figura 33. Uniformidad de aplicación del riego.....	85
Figura 34. Eficiencia de aplicación del riego.....	86
Figura 35. Reservorio de agua para riego.....	87
Figura 36. Cabezal principal de riego.....	88
Figura 37. Unidad impulsora de agua.....	88
Figura 38. Filtro hidrociclón, de arena y de discos.....	90
Figura 39. Selección de filtro hidrociclón en función del caudal de sistema y la pérdida de carga de la columna de agua y pérdida de carga de la columna de agua para los filtros funcionando en paralelo.	92
Figura 40. Tanques de fertilización, inyector ventury y unidad de inyección de fertilizante impulsado con electrobomba.....	95
Figura 41. Manómetro, válvula de operación manual, válvula de operación automática, cabezal de campo, válvula cheque y flujómetro.....	96
Figura 42. Controlador de riego, arrancador electrobomba.....	96
Figura 43. Tubería principal, terciaria y líneas de riego	97
Figura 44. Comportamiento del fósforo en la solución del suelo.....	115
Figura 45. Resultado de análisis de suelos realizado a un cultivo de pepino bajo invernadero en el municipio de Filandia (Quindío).	127
Figura 46. Porcentaje de humedad, densidad aparente, CIC, porcentaje de materia orgánica, relación C-N, pH y CE de los diferentes materiales orgánicos caracterizados.....	138
Figura 47. Formato de monitoreo de plagas y enfermedades en campo.....	138
Figura 48. Adulto de mosca blanca <i>Trialeurodes vaporariorum</i>	139
Figura 49. Ataque de adultos <i>T. vaporariorum</i> en planta de pepino y huevos <i>T. vaporariorum</i> sobre hoja de pepino.....	140
Figura 50. Adulto de <i>Encarsia formosa</i> , adulto de <i>Chrysoperla carnea</i> y ninfa de mosca blanca atacada por <i>Beauveria bassiana</i>	141
Figura 51. Adultos de <i>Macrosiphum euphorbiae</i> y adulto de <i>Myzus persicae</i>	142
Figura 52. Adulto de <i>Aphelinus</i> sp. parasitando una ninfa de <i>Macrosiphum euphorbiae</i> ; adulto de <i>Harmonia</i> sp. (mariquita); larva de <i>Harmonia</i> sp. (mariquita); larva de <i>Chrysoperla carnea</i> consumiendo un áfido <i>M. euphorbiae</i>	144

Figura 53. Adulto de <i>Frankliniella occidentalis</i>	144
Figura 54. Daño causado por trips (<i>F. occidentalis</i>) sobre una planta de pepino.	145
Figura 55. Larva de trips (<i>F. occidentalis</i>) afectada por el entomopatógeno <i>B. bassiana</i>	146
Figura 56. Adultos, ninfas y huevos de <i>Tetranychus urticae</i>	146
Figura 57. Daño inicial causado por ácaros del género <i>Tetranychus</i> sobre hojas de pepino.	147
Figura 58. Planta afectada por <i>Phytophthora infestans</i>	149
Figura 59. Mildeo polvoso <i>Sphaerotheca fuliginea</i>	152
Figura 60. Síntoma de mildeo vellosa (<i>P. cubensis</i>) en el haz de la hoja de pepino y envés de la hoja	153
Figura 61. Sintomatología avanzada de mildeo vellosa (<i>P. cubensis</i>) en hoja de pepino	154
Figura 62. Síntoma característico de la aparición de <i>Fusarium oxysporum</i> en pepino	155
Figura 63. Pepinos recolectados en canastillas plásticas	168
Figura 64. Pepinos listos para recolección.....	170
Figura 65. Precios de venta de pepino cohombro al consumidor, mes a mes en el período comprendido entre 2005 y 2011 en las principales ciudades de Colombia	187
Figura 66. Efecto de la variación porcentual del precio pagado al productor de dos proyectos productivos diseñados a cinco años y establecidos bajo invernadero sobre la tasa interna de retorno (TIR) y sobre el valor actual neto (VAN). El precio de referencia (Variación = 0%) corresponde al precio promedio pagado al productor durante los últimos cinco años en la Corporación de Abastos de Bogotá (Corabastos) de acuerdo con los boletines del Sistema de Información de Precios del Sector Agropecuario (SIPSA)	195
Figura 67. Efecto de la variación porcentual de la productividad de los dos proyectos productivos diseñados a cinco años y establecidos bajo invernadero sobre la tasa interna de retorno (TIR) y sobre el valor actual neto (VAN). La productividad de referencia (Variación = 0%) corresponde a la productividad promedio obtenida a través de pruebas de campo.	196
Figura 68. Efecto del precio pagado en diferentes puntos de venta de Bogotá de cinco cultivos establecidos bajo invernadero sobre la tasa interna de retorno (TIR) (a) y sobre el valor actual neto (VAN) de los dos proyectos diseñados a cinco años. Donde: AB = abastos, CEA = consumidor final estrato alto, CEB = consumidor final estrato bajo, EX = exportador, GS = gran superficie, TI = tienda o supermercado de barrio	196



INTRODUCCIÓN

En Colombia la producción de hortalizas bajo invernadero se ha enfocado casi en su totalidad a la producción de tomate y en particular a los cultivares tipo larga vida. Aun cuando en las principales zonas agrícolas bajo invernadero alrededor del mundo se ha desarrollado un amplio portafolio de productos hortícolas, este grado de diversificación no se ha dado en nuestro país. Productos como el pepino, el pimentón, la berenjena, la fresa, varios tipos de lechugas y diversas especies de hierbas aromáticas, cuentan hoy en día con paquetes de manejo agronómico adaptados a las condiciones que exige la producción bajo invernadero. Sin embargo, localmente los agricultores ven al tomate como el único producto generador de la rentabilidad suficiente para cubrir las inversiones y los costos asociados al cultivo bajo invernadero.

El presente manual de producción de pepino bajo invernadero recoge las experiencias y resultados del proyecto de investigación “Desarrollo e implementación de un modelo de producción para los cultivos de pepino y pimentón bajo invernadero”. El objetivo general de este proyecto fue el de establecer un modelo de producción de pepino y pimentón bajo condiciones de invernadero, a partir de la optimización de las condiciones climáticas y el manejo agronómico de los cultivos. El propósito último del proyecto, y presentado a lo largo de este manual, es el de demostrarle a productores, asistentes técnicos y demás personas interesadas, la viabilidad en el establecimiento de sistemas alternativos de producción bajo invernadero con especies como el pepino y el pimentón.

A partir de las ventajas ofrecidas por los ambientes protegidos al limitar el efecto adverso que sobre la producción tienen diferentes factores biofísicos, es posible cultivar productos diferentes al tomate que generen al menos la misma rentabilidad ofrecida por este producto. Hortalizas como el pepino sin semilla (tipo europeo o partenocárpico) pueden convertirse en alternativas interesantes de rotación desde el punto de vista económico y de esta forma, disminuir el riesgo asociado a la variación de precios que tradicionalmente ha tenido no solamente el tomate sino también, muchos de los productos hortícolas producidos y comercializados en el país.

La especialización de los mercados y los niveles de exigencia cada vez mayores por parte de los consumidores están creando nichos de mercado que permiten cultivar variedades de hortalizas tipo gourmet o poco conocidas en nuestro medio. Este tipo de oportunidades debe ser aprovechado por los agricultores, y se espera que manuales como el presente sean una guía práctica, aunque no la única, para el establecimiento de este tipo de sistemas productivos.



GENERALIDADES DEL CULTIVO

INTRODUCCIÓN

Algunos autores sitúan al pepino como originario del norte de la India, sin embargo su origen más probable se encuentra en el área del África tropical. Actualmente se encuentra distribuido en gran parte del mundo. Vavilov (1951) reporta que es utilizado como alimento desde hace más de 3.000 años. Fue conocido desde épocas muy antiguas por los egipcios, siendo introducido a China en el año 100 a.C. Posteriormente fue cultivado por griegos y romanos y llevado a Francia en el siglo IX. En Inglaterra era común en el siglo XIII siendo introducido después a Estados Unidos (Whitaker y Davis, 1962).

El pepino se emplea para consumo en fresco como parte de ensaladas y determinadas variedades se utilizan como encurtidos. De sus semillas puede extraerse hasta el 42% de un aceite comestible. En algunas regiones de Asia, como Indonesia, se utiliza en forma similar a las espinacas.

La producción de pepino cohombro en Colombia está concentrada principalmente en los departamentos de Valle del Cauca y Santander, con 256 y 157 ha respectivamente; lo cual corresponde al 77% del área cultivada a nivel nacional. Para el período comprendido entre los años 2000 y 2009, la mayor producción se obtuvo en 2008, alcanzando 15.163 t en 667 hectáreas cultivadas (Figura 1) para un rendimiento promedio de 22,8 t/ha (Figura 2).

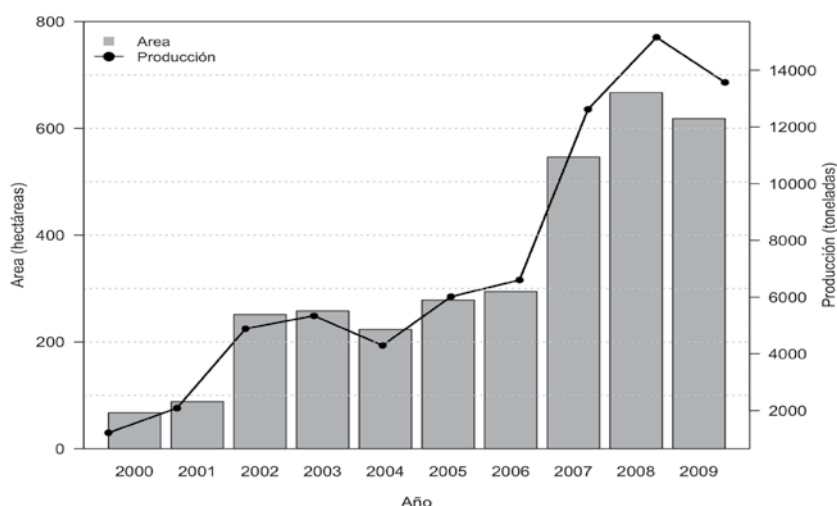


Figura 1.
Producción de pepino cohombro en Colombia (2000-2009).

Fuente: Agronet, 2011.

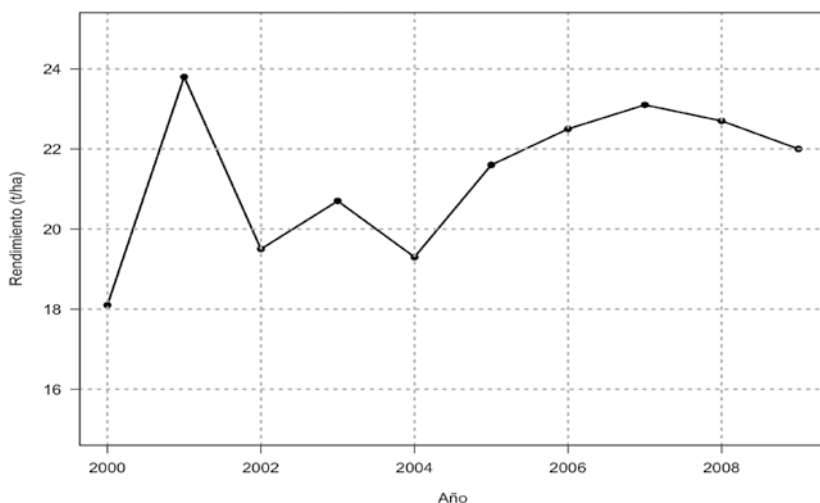


Figura 2.
Rendimiento de pepino cohombro en Colombia (2000-2009).

Fuente: Agronet, 2011.

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

El pepino pertenece a la familia *Cucurbitaceae* y su nombre científico es *Cucumis sativus* L. Es una planta herbácea, anual y rastrera cubierta de pelos erizados, de raíces fasciculadas y desarrollo bastante superficial, encontrándose la mayor concentración de raíces entre los 25 y 30 cm (Weaver y Bruner, 1927). La planta se caracteriza por presentar tallos trepadores o rastreros muy ramificados en la base, con cuatro ángulos marcados y zarcillos sencillos (no ramificados) (Maroto, 1995). Las hojas tienen forma palmeada, son largamente pecioladas, fuertemente cordadas en la base, con el ápice acuminado, en cuyo limbo se aprecian de 3 a 5 lóbulos angulados, triangulares y de borde dentado, y presentan también vellosidades blancas (Maroto, 1995).

Las flores son unisexuales, de localización axilar y color amarillento. Las flores femeninas son solitarias, produciéndose en las axilas de las hojas mientras que las masculinas nacen en grupo. Inicialmente se forman las flores masculinas y posteriormente las femeninas (Valdez, 1994). La polinización se hace generalmente a través de insectos, aunque es una planta que posee una cierta tendencia a la partenocarpia (no producción de semillas).

Los frutos son de tamaño y forma variables (oblongos, cilíndricos o globulosos), pudiendo alcanzar una longitud de 5 a 40 cm. El color de su corteza puede ser verde, amarillo o blanco, mientras que la carnosidad siempre

es blanca y acuosa. Con relativa frecuencia, y sobretodo en estadios jóvenes, los frutos muestran a lo largo de su superficie espinas o verrugas. Esta característica la presentan algunas variedades mientras que otras no. Las semillas son alargadas, ovales, aplanadas, de color amarillento y miden de 8 a 10 mm. Aunque el peso de las semillas es muy variable, como cifra media puede indicarse 30-40 semillas/g. La duración media de la capacidad germinativa de las semillas es de unos cinco años (Valdez, 1994).

FISIOLOGÍA DEL CULTIVO

Al igual que todas las cucurbitáceas, el pepino es una planta normalmente monoica, es decir, que posee flores masculinas y femeninas. Sin embargo, hoy en día, y principalmente gracias a los trabajos de mejoramiento genético, existen cultivares prácticamente ginoicos (hembras), es decir, que la mayoría o casi la totalidad de sus flores son de sexo femenino (Arjona, 1992).

En cada nudo y en la axila de cada hoja del tallo principal aparecen uno o varios botones florales. En condiciones normales, los botones de los nudos inferiores originan flores masculinas y a continuación aparecen las flores femeninas, que con el tiempo predominan sobre las masculinas. En resumen, la planta empieza siendo masculina, pasa a continuación por un estadio intermedio y acaba siendo femenina (Díaz, 1970).

Todas las yemas florales son potencialmente bisexuales y con el tiempo se definirá el sexo de cada una en función del genotipo, la posición del botón a lo largo del eje principal y las influencias hormonales y ambientales (Díaz, 1970). La expresión del sexo en el pepino, aunque está determinada genéticamente, depende del equilibrio hormonal entre las auxinas y las giberelinas. Las giberelinas como GA1, GA3, GA4 y GA6 favorecen el crecimiento y son masculinizantes, mientras que las auxinas como el AIA y el ANA son feminizantes y desfavorables al crecimiento (Arjona, 1992).

La fructificación en el pepino como consecuencia de la fecundación de las flores femeninas con polen de las flores masculinas origina frutos que presentan una cierta deformación basal en forma de bola, que los hace difícilmente comercializables. Sin embargo, hay que indicar que la polinización por vía sexual era el procedimiento habitual de fructificación en determinadas variedades antiguas de frutos cortos y espinosos. Con todo, el pepino de forma natural tiende a formar frutos partenocárpicos. Por estas razones han evolucionado aquellos métodos que favorecen ese tipo de crecimiento (Arjona, 1992).

La partenocarpia en los pepinos puede ser de naturaleza genética (situación normal en los cultivares modernos), aunque también puede ser regulada por la aplicación de fitohormonas, principalmente las de naturaleza auxínica (Valdez, 1994).