

Modelo tecnológico

para el cultivo de **brócoli** *Brassica olerácea* L. var. *Itálica*, en el departamento de Antioquia

Modelo tecnológico para el cultivo de brócoli *Brassica olerácea* L. var. *Itálica*, en el departamento de Antioquia

Autores

Jorge Jaramillo Noreña
Paula Andrea Aguilar
Carolina Valencia Cardona
Alegría Saldarriaga Cardona
Antonio María Martínez Reina
Cesar Augusto Forero
Orlando Arguello
Germán Franco

Antioquia, Colombia, 2016

Modelo tecnológico para el cultivo de brócoli *Brassica olerácea* L. var. Itálica, en el departamento de Antioquia / Jorge Jaramillo Noreña [y otros siete]. – Antioquia (Colombia): Corpoica, 2016.

194 páginas: ilustraciones, datos numéricos

Incluye referencias bibliográficas

ISBN e-Book: 978-958-740-212-4

1. Brassica olerácea 2. Fenología 3. Propagación vegetativa 4. Siembra 5. Métodos de cultivo 6. Gestión de lucha integrada 7. Análisis de costos 8. Antioquia (Colombia) I. Jaramillo Noreña, Jorge II. Aguilar, Paula Andrea III. Valencia Cardona, Carolina IV. Saldarriaga Cardona, Alegría V. Martínez Reina, Antonio María VI. Forero, Cesar Augusto VII. Arguello, Orlando VIII. Franco, Germán.

Palabras clave normalizadas según Tesauro Multilingüe de Agricultura Agrovoc

Catalogación en la publicación – Biblioteca Agropecuaria de Colombia

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria Corpoica

Centro de Investigación La Selva. Kilómetro 7, vía a Las Palmas, vereda Llano Grande, Antioquia. Código postal 054040, Colombia.

Esta publicación es el resultado del convenio de cooperación 0115 de 2014 (Contrato 1828) de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), financiado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) y la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).

Serie: Modelos productivos

Preparación editorial

Editorial Corpoica

editorial.corpoica@corpoica.org.co

Editora: Liliana Gaona García

Línea de atención al cliente: 018000121515

atencionalcliente@corpoica.org.co

www.corpoica.org.co

Citación sugerida: Jaramillo JE, Aguilar PA, Arguello O, Valencia C, Saldarriaga A, Martínez AM, Forero CA, Franco G. 2016. Modelo tecnológico para el cultivo de brócoli (*Brassica olerácea* L. var. Itálica) en el departamento de Antioquia. Mosquera, Colombia: [Corpoica] Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria.

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



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

Contenido

Introducción.....	12
Capítulo I	
Área geográfica y entorno ambiental	14
Descripción del área geográfica	14
Dinámica económica departamental	16
Áreas óptimas para la producción de brócoli.....	17
Los suelos del oriente antioqueño	20
Dinámica económica regional	21
CapítuloII	
Descripción botánica, taxonómica y clasificación del brócoli.....	23
Origen	23
Clasificación botánica y taxonómica.....	23
Morfología.....	24
Fenología del cultivo.....	27
Valor nutricional y medicinal	32
Capítulo III	
Propagación y recurso genético	34
Propagación	34
Producción de plántulas en confinamiento	34
Recomendaciones para la conservación de semilla destinada a plantu lación...	38
Producción industrial de plántulas en Colombia	39
Efectos de un mal sustrato	39
Recurso genético	42
Ciclo	42
Altura de la planta.....	42
Distribución e inserción de las hojas	42
Brotes secundarios	42
Pella o cabeza	42
Peso	44
Híbridos y variedades	44
Capítulo IV	
Características edafoclimáticas para el desarrollo del cultivo de brócoli ...	48
Manejo del recurso suelo	48
Caracterización de los suelos	48
Selección del lote.....	50

Análisis de suelo	50
Toma de muestras	51
Preparación del terreno	53
Sistemas de siembra	55
Sistema de siembra en surcos	55
Sistema de siembra por camas o eras.....	57
Programación de siembras	59
Distancias de siembra	60
Trasplante	61

Capítulo V

Prácticas culturales	65
Riego	65
Requerimientos de agua en el cultivo.....	65
Sistemas de riego usados en el departamento de Antioquia	70
Deshierbe y aporque	76
Control de malezas presiembra	76
Manejo de malezas	78
Manejo integrado de malezas.....	80
Ventajas del uso de coberturas plásticas	83
Desventajas del uso de coberturas plásticas	84
Fertilización	85
Recomendaciones generales para la fertilización	86
Preabonamiento	87
Absorción y extracción de nutrientes	88
Limitantes en el cultivo para la absorción de nutrientes.....	89
Función y deficiencias de los nutrientes.....	91
Interpretación del análisis de suelo.....	95
Fuentes de fertilización orgánica y química	99
Manejo de residuos de cosecha.....	101

Capítulo VI

Manejo integrado de plagas	104
Muestreo y niveles críticos	106
Número de sitios por muestrear	108
Descripción, identificación y manejo de plagas	109
Insectos y moluscos masticadores del follaje	110
Gusanos tierreros, cortadores o trozadores.....	113
Gusano viringo, tierrero, mantequilla, cortador, trozador negro o rosquilla.....	113
Gusano de la col, anillado, mariposa de la col o del repollo	119

Muque, cogolleros, trozadores, masticadores	122
Babosas	124
Insectos chupadores en el cultivo de brócoli	126
Pulgón ceroso de las crucíferas	126
Áfido verde o pulgón verde	127

Capítulo VII

Manejo integrado de enfermedades128

Manejo químico	130
Uso de coadyuvantes para mejorar la eficiencia de los plaguicidas.....	130
Manejo biológico.....	132
Manejo cultural.....	132
Manejo genético	133
Enfermedades causadas por hongos.....	133
Pudriciones radicales, pata seca, <i>damping-off</i> , salcocho	133
Hernia de las crucíferas.....	135
Mancha de alternaria	139
Mildeo veloso	141
Enfermedades causadas por bacterias	143
Pudrición negra, quemazón bacteriana, borde de oro	143
Enfermedades causadas por nematodos	145
Nematodos del nódulo, nematodos del nudo, <i>Meloidogyne</i> sp.	145
Enfermedades abióticas	147
Planta macho, planta ciega	147
Toxicidad por fungicidas.....	148
Cola de látigo	148
Tallo hueco, deficiencia de boro	149
Hojas bracteriformes	150
Botoneamiento	151
Pardeamiento de los floretes.....	152

Capítulo VII

Cosecha153

Índice de cosecha	153
Diámetro de la pella	154
Grado de compactación de la pella	154
Días después del trasplante.....	155
Método de cosecha	155

Capítulo IX

Poscosecha.....	159
Acopio	159
Selección y clasificación	159
Empaque, almacenamiento y transporte	161
Empaque.....	161
Almacenamiento	163
Transporte	164
Plan de limpieza y desinfección.....	164

Capítulo X

Transformación y valor agregado	166
Brócoli fresco	166
Brócoli procesado	167
Brócoli en polvo	168
Brócoli congelado	168

Capítulo XI

Mercado	170
Sobre la competitividad	171
El precio como factor determinante del área de producción.....	172
Mercado local y regional	172
Mercado nacional	173
Mercado internacional	175
Sobre las exportaciones	176
Sobre las importaciones	177

Capítulo XII

Indicadores económicos.....	179
Análisis económico costos de producción del brócoli en el oriente antioqueño ..	181
Análisis de competitividad	185
Bibliografía.....	186

Lista de figuras

Figura 1	Mapa subregiones de Antioquia	15
Figura 2	Zonas homogéneas para la producción de brócoli en Antioquia	18
Figura 3	Clasificación taxonómica de la planta de brócoli	24
Figura 4	Raíz de planta de brócoli	24
Figura 5	Tallo de planta de brócoli	25
Figura 6	Hojas de planta de brócoli	25
Figura 7	Inflorescencia de planta de brócoli	26
Figura 8	Inflorescencia de planta de brócoli	26
Figura 9	Silicua portadoras de la semilla de brócoli	27
Figura 10	Semillas de brócoli	27
Figura 11	Desarrollo de hojas	29
Figura 12	Formación de la pella o cabeza	29
Figura 13	Etapa 0 Semillero Germinación de semillas brócoli	30
Figura 14	Etapa 1 Juvenil Incremento en número de hojas, engrosamiento del tallo y elongación de la planta	31
Figura 15	Etapa 2 Emergencia floral Visualización de brotes	32
Figura 16	Etapa 3 Formación de cabeza hasta cosecha de la pella	32
Figura 17	Semilla de brócoli	34
Figura 18	Semillero de brócoli en bandeja y en condiciones protegidas	35
Figura 19	Bandejas para semillero	35
Figura 20	Siembra de semilla	36
Figura 21	Turba para semillero o sustrato	36
Figura 22	Lavado y desinfección de bandejas	37
Figura 23	Plántula de brócoli	38
Figura 24	Área de mezclado de sustratos	40
Figura 25	Área de marcado y siembra automática de bandejas	40
Figura 26	Área de riego bandejas recién sembradas	40
Figura 27	Área de pregerminación con temperatura, humedad y luz controlada ...	41
Figura 28	Ubicación de bandejas en invernadero	41
Figura 29	Plántulas ideales en desarrollo	41
Figura 30	Pella o cabeza grano fino, ideal para la cosecha	43
Figura 31	Brócoli híbrido Avenger	45
Figura 32	Brócoli variedad Marathon	45
Figura 33	Brócoli híbrido Legacy	46
Figura 34	Brócoli híbrido Baton	47
Figura 35	Características climáticas recomendadas para el cultivo del brócoli ...	48
Figura 36	Recolección con pala de muestra de suelo	51
Figura 37	Recolección de porción de suelo para muestra	52
Figura 38	Recolección de muestras en balde	52
Figura 39	Empaque de muestras en bolsa	53

Figura 40	Preparación del terreno con tractor	54
Figura 41	Siembra de brócoli en surco sencillo.....	56
Figura 42	Sistema de siembra por surco doble.....	56
Figura 43	Construcción de camas para el cultivo de brócoli	57
Figura 44	Aplicación de cal.....	58
Figura 45	Aplicación de materia orgánica	58
Figura 46	Calendario nacional de siembras y cosechas de brócoli 2010-2011 ...	60
Figura 47	Siembra de era de brócoli a cuatro surcos	61
Figura 48	Plántula lista para el trasplante	62
Figura 49	Riego en semillero	63
Figura 50	Siembra de brócoli en campo	63
Figura 51	Plántula de brócoli recién sembrada	64
Figura 52	Tensiómetro de suelos	69
Figura 53	Sistema paralelo.....	74
Figura 54	Espina de pescado	75
Figura 55	Sistema localizado	75
Figura 56	Deshierbe, fertilización y aporque en brócoli	77
Figura 57	Control de arvenses	82
Figura 58	Disponibilidad de nutrientes según el pH del suelo	85
Figura 59	Fertilización en brócoli.....	86
Figura 60	Tallo hueco por exceso de fertilización nitrogenada en brócoli	91
Figura 61	Deficiencia de fósforo en hojas	92
Figura 62	Corazón negro ocasionado por deficiencia de boro	94
Figura 63 y Figura 64	Efecto de deficiencia de boro en tallo de brócoli	94
Figura 65	Cola de látigo, deficiencia de molibdeno	95
Figura 66	Proceso de compostaje en compostera	102
Figura 67	Inspección visual de plagas en brócoli	108
Figura 68	Adulto de polilla dorso de diamante (<i>P xylostella</i>)	110
Figura 69	Huevo de polilla dorso de diamante (<i>P xylostella</i>)	111
Figura 70	Larva desarrollada de polilla dorso de diamante	111
Figura 71	Pupa <i>P xylostella</i>	112
Figura 72	Adulto de gusano rosquilla	114
Figura 73	Larva gusano rosquilla	114
Figura 74	Planta trozada por gusano rosquilla	115
Figura 75	Adulto y larva de cucarrón marceño	116
Figura 76	Daño en hoja por adulto	117
Figura 77	Adulto de cucarrón marceño afectado por el hongo <i>Beauveria bassiana</i> ..	117
Figura 78	Larva de chiza afectada por la bacteria <i>Bacillus popilliae</i>	118
Figura 79	Trampas luz.....	119
Figura 80	Adulto del gusano de la col	119
Figura 81	Huevos y adulto de gusano de la col	120
Figura 82	Larvas del gusano de la col	120
Figura 83	Pupa gusano de la col	121

Figura 84	Adulto de <i>Copitarsia sp</i>	123
Figura 85	Huevos de <i>Copitarsia sp</i>	123
Figura 86	Larva de <i>Copitarsia sp</i>	124
Figura 87	Pupa de <i>Copitarsia sp</i>	124
Figura 88	Adulto babosa	125
Figura 89	Pulgón ceroso de las crucíferas.....	126
Figura 90	Daño por pudrición radical o <i>damping off</i> en plantas de brócoli.....	134
Figura 91	Plántula afectada por hernia de las crucíferas.....	136
Figura 92	Marchitamiento de hojas por hernia de las crucíferas	136
Figura 93	Tumores en las raíces causados por la hernia de las crucíferas	137
Figura 94	Malformaciones en la raíz	137
Figura 95	Retiro del lote de plantas enfermas por hernia de las crucíferas.....	138
Figura 96	Síntomas de la mancha de alternaria	140
Figura 97	Lesiones perforadas por mancha alternaría	140
Figura 98	Lesiones de <i>Peronospora</i> en el haz de hojas.....	141
Figura 99	Lesiones de <i>Peronospora</i> en el envés de las hojas.....	142
Figura 100	Borde de oro en hojas	144
Figura 101	Daño por nematodo en raíz de plántula de brócoli.....	145
Figura 102	Planta macho o ciega	148
Figura 103	Cola de látigo	149
Figura 104	Tallo hueco	150
Figura 105	Hojas bracteriformes.....	151
Figura 106	Botoneamiento de la pella	151
Figura 107	Pardeamiento de la pella o cabeza	152
Figura 108	a Pella firme de grano fino lista para cosechar; b Pella no apta para la comercialización, con inicio de apertura floral y con pérdida de compactación.....	154
Figura 109	Yemas o granos florales abiertos	155
Figura 110	Cosecha del brócoli	156
Figura 111	Empaque de canastilla para la cosecha del brócoli	157
Figura 112	Empaque en cajas del brócoli	162
Figura 113	Empaque en costales del brócoli	162
Figura 114	Modelo de comercialización tipo reloj de arena	170
Figura 115	Municipios productores de brócoli en Antioquia.....	172
Figura 116	Mapa de producción de brócoli en Colombia	174
Figura 117	Principales productores de Brócoli en el mundo	175
Figura 118	Volumen de las principales verduras exportadas por Colombia en 2010..	176
Figura 119	Volumen exportación de brócoli y coliflor durante el año 2010-2014..	177
Figura 120	Principales importadores de brócoli en el mundo.....	178
Figura 121	Principales verduras importadas por Colombia en 2010	178

Lista de tablas

Tabla 1	Estadios fenológicos del brócoli	28
Tabla 2	Fases de desarrollo para el híbrido Legacy	30
Tabla 3	Composición del Brócoli (<i>Brassica oleracea</i> L var Italica) por 100 gramos de porción comestible	33
Tabla 4	Ejemplo de programación de siembra para un híbrido Legacy, evaluado en condiciones de Corpoica La Selva para un ciclo de diez semanas....	59
Tabla 5	Distancias de siembra recomendadas para el cultivo de brócoli	61
Tabla 6	Plan de rotación de cultivo de hortalizas, durante un año de producción .	64
Tabla 7	Parámetros para la determinación de humedad del suelo	67
Tabla 8	Rangos del tensiómetro y sus significados	70
Tabla 10	Principales especies monocotiledóneas asociadas al clima frío moderado	78
Tabla 11	Principales especies dicotiledóneas asociadas al clima frío moderado ..	79
Tabla 12	Limitantes en nutrientes de acuerdo con las condiciones del suelo.....	87
Tabla 13	Absorción total de nutrientes en el cultivo de brócoli.....	89
Tabla 14	Antagonismos por exceso de algunos nutrientes	90
Tabla 15	Valores pH y disponibilidad de nutrientes	96
Tabla 16	Estimativo de materia orgánica en los suelos	97
Tabla 17	Estimativo conceptual de las bases en los suelos y porcentaje de saturación de las mismas	98
Tabla 18	Determinación del peso de residuos de cosecha/planta de brócoli Proyecto comercial hortalizas Corpoica, CI La Selva.....	101
Tabla 19	Tasa de respiración del brócoli	163
Tabla 20	Principales productores de brócoli en Antioquia según Anuario estadístico del sector agropecuario en el departamento de Antioquia 2013.....	173
Tabla 21	Distribución del brócoli en los diferentes mercados y precios en las subregiones del oriente y norte.....	173
Tabla 22	Distribución de la oferta de brócoli en Colombia	174
Tabla 23	Costos de producción de una hectárea de brócoli en el oriente antioqueño sistema de producción tradicional 2014	182
Tabla 24	Indicadores económicos de mayor importancia en una ha de brócoli con una producción de 12 t/ha en el oriente antioqueño 2014	184
Tabla 25	Indicadores económicos de mayor importancia en una hectárea de brócoli con una producción de 15 t/ha en el oriente antioqueño 2014	185

Introducción

La vinculación cada vez mayor de la mujer a las actividades laborales fuera de casa y el aumento del número de familias unipersonales o con pocos miembros, marcan la tendencia al consumo de alimentos de rápida preparación, frescos, congelados e incluso deshidratados. Entre ellos están las hortalizas, como el brócoli, la lechuga y la coliflor, que por sus propiedades nutricionales y medicinales tienen cada vez mayor demanda, lo que justifica el creciente interés por su consumo y cultivo.

El brócoli es una hortaliza que se destaca por sus atributos. Su participación en los mercados internacionales ocupa un lugar preponderante. La demanda de brócoli en países desarrollados es bastante amplia, sobre todo en Estados Unidos, Japón y en aquellos que conforman la Unión Europea (León 2012).

En Colombia se viene incrementando el consumo del brócoli, gracias a los nuevos estilos de vida saludable; no obstante, la producción nacional es suficiente para atender la demanda existente. Desde el punto de vista de las oportunidades, se debe fomentar tal consumo e incrementar la producción con el fin de satisfacer la creciente demanda local e internacional, aprovechando la globalización de los mercados, los tratados de libre comercio (TLC), las ventajas competitivas que brinda nuestra localización geográfica con respecto al principal exportador suramericano, Ecuador, y la importancia de los mercados de Norteamérica (Canadá y Estados Unidos) y de la Comunidad Económica Europea (Departamento... 2011).

Los planes departamentales de desarrollo quieren dar mayor notabilidad a los conglomerados productivos al estimular la creación de territorios en los cuales se desarrollen estructuras productivas con prevalencia de acción conjunta y trabajo asociado. En el departamento de Antioquia, en esos territorios el reto principal es mejorar el entorno ambiental y la competitividad empresarial, a través de la producción según estándares de responsabilidad ambiental y social y del fomento a patrones de consumo sostenibles (Agencia... 2010; Gobernación... 2012).

El departamento de Antioquia se encuentra entre los principales productores de brócoli en el contexto nacional, con una participación del 17,01 % y es el municipio de Marinilla el principal productor de la especie (Agronet 2013). Así mismo, por su altura sobre el nivel del mar (2.000 y 2.400 m), la vocación y capacidad de producción agrícola de la población y la estratégica posición geográfica, las regiones del norte y

del oriente antioqueño, en las subregiones de los altiplanos, cuentan con territorios aptos para el desarrollo e implementación del modelo tecnológico para el cultivo del brócoli.

En ese orden de ideas, se pretende identificar y caracterizar la información del sector hortícola —cadena a la que pertenece el brócoli— para hacerla accesible a sus actores; estructurar y consolidar modelos productivos sostenibles para la conservación de recursos naturales y el mejoramiento de la calidad de vida del productor, desarrollar una agenda integral de investigación participativa con vinculación de los productores, crear y dinamizar las redes de consumidores y productores articulando los mercados locales, nacionales y regionales.

El modelo tecnológico para el cultivo del brócoli en Antioquia se desarrolla como una herramienta de transferencia de tecnología que busca socializar los conocimientos técnicos y tecnológicos desarrollados, que contribuyen al mejoramiento del manejo agronómico y, por ende, a lograr una mayor sostenibilidad y competitividad de esta actividad agropecuaria en el Departamento de Antioquia. Por la importancia regional del cultivo se evidencia la necesidad de tecnificar los sembradíos con el desarrollo e implementación de sistemas productivos locales más limpios; de igual modo, es prudente capacitar a los productores en procesos asociativos, fortalecimiento empresarial, estudios de mercado y canales de comercialización (Agencia... 2010).

Capítulo I

Área geográfica y entorno ambiental

Carolina Valencia
Jorge Jaramillo Noreña
Paula Andrea Aguilar

Descripción del área geográfica

Antioquia está conformado por 125 municipios, agrupados en nueve subregiones (Valle de Aburra, Bajo Cauca, suroeste, norte, nordeste, occidente, Urabá, Magdalena medio y oriente antioqueño) (figura 1). Cuenta con una superficie de 63.612 km² que representan el 5.6 % del territorio nacional. Limita por el norte con el mar Caribe y los departamentos de Córdoba y Bolívar; por el este, con Bolívar, Santander y Boyacá; por el sur, con Caldas y Risaralda, y por el oeste, con el departamento del Chocó.

Antioquia se caracteriza por tener unas condiciones topográficas, geológicas y geomorfológicas muy variadas. Hay gran heterogeneidad de regiones demarcadas por las cordilleras Central y Occidental, los valles interandinos de los ríos Cauca y Magdalena, la cuenca media del río Atrato, la llanura costera de Urabá y la vertiente occidental de la serranía de San Lucas; estas zonas de vida se asocian con una amplia gama de hábitats que van desde selvas muy húmedas tropicales hasta los bosques altos andinos y páramos, ocupados por una considerable diversidad de especies de flora y fauna (Gobernación... 2012).

En general, las lluvias en el territorio antioqueño tienen un régimen bimodal que definen un período seco de diciembre a marzo, refrescado por los vientos del noreste, y una estación de lluvias de abril a junio; luego viene un tiempo seco durante julio y agosto y termina el año con un periodo lluvioso que va de octubre a noviembre. En la parte norte de Antioquia, hacia los departamentos de Córdoba, Sucre y Bolívar, los meses más secos son diciembre, enero y febrero, y los de mayor precipitación, agosto y septiembre. En la región central se presenta un período seco dentro de la estación lluviosa que va de junio a septiembre; los meses más lluviosos son los de mayo y octubre; el valle del río Magdalena presenta la misma distribución de lluvias y los meses más secos son diciembre, enero, febrero y julio.



SUBREGIONES

	VALLE DE ABURRÁ	BAJO CAUCA	NORTE	NORDESTE	SUOESTE	OCCIDENTE	ORIENTE	URABÁ	MAGD. MEDIO
ZONAS	Norte (4)	Bajo Cauca (6)	Río Cauca (3)	Minera (2)	Sinifaná (5)	Cuenca Río Sucio (6)	Embalses (7)	Norte (4)	Ribereña (4)
	Centro (1)		Ríos Grande y Chico (6)	Meseta (4)	Penderisco (4)	Cauca Medio (13)	Bosques (3)	Centro (5)	Nus (2)
	Sur (5)		Vertiente Choros Blancos (5)	Nus (3)	Cartama (9)		Valle de San Nicolás (9)	Atrato Medio (2)	
			Río Porce (3)	Río Porce (1)	San Juan (5)				

Figura 1. Mapa subregiones de Antioquia.

Fuente: Gobernación... 2006

Los pisos térmicos se distribuyen en cálido, con una extensión de 35.550 km²; templado, 16.430 km²; frío, 10.900 km², y páramo, 732 km² (Toda Colombia... c2005-2015).

Dinámica económica departamental

Antioquia es el primer departamento exportador de Colombia; representa el 17 % del total exportado del país, en varios renglones económicos, y creció a una tasa del 12 % anual durante los años 2003 y 2008. También es líder en la prestación de servicios especializados de salud y medicina, en producción de frutas (número uno en banano) y flores, verduras con valor agregado, conservas y alimentos, productos forestales, en construcción de vivienda, ensamble de vehículos (autos y motos) y se destaca en renglones como servicios financieros, de bolsa, bancarios y de seguros, en y otros sectores como diseño de software, electrónica, telecomunicaciones, maquinaria y equipo, turismo de negocios, turismo médico, congresos y convenciones, y transporte.

Actualmente el 71,7 % del PIB de Antioquia se genera en el Valle de Aburrá, mientras que el oriente aporta el 7,28 %, el suroeste el 4,8 %, Bajo Cauca el 1,6 %, y Magdalena medio el 1,09 %. La gran actividad del departamento gira en torno a las dinámicas urbano-industriales de la ciudad metropolitana, cuyas oportunidades se derivan de sus riquezas culturales y activos instalados (Gobernación... 2008). La participación del sector agropecuario en el PIB pasó del 7,2 % en el 2001 al 5,8 % en el año 2010; el sector va perdiendo importancia relativa pues ha crecido a menor ritmo que el resto de la economía y ha sido fuertemente afectado por la gran caída de la actividad cafetera (Proantioquia 2012).

Antioquia es un importante productor y abastecedor de hortalizas en Colombia; alrededor de 11 mil familias viven de la producción hortícola. El área total cultivada es de 13.100 ha y el volumen de producción es de 258.074 t. Esta última se concentra principalmente en las zonas aledañas a la capital, Medellín, y a su área metropolitana; en los municipios del oriente antioqueño, principalmente en Marinilla, El Santuario, El Peñol y El Carmen de Viboral (89,6 %), y en el área rural de Medellín (5,6 %); las demás regiones representan un 4,8 % del total. La participación de otras regiones del departamento solo es importante para el caso de la cebolla junca (valle de Aburrá, municipios de Giraldo y Barbosa), el tomate (oriente, suroeste y occidente antioqueños) y la ahuyama (municipio de Dabeiba) (Acuerdo... 2007).

Áreas óptimas para la producción de brócoli

Para el cultivo de hortalizas de clima frío, Antioquia posee 38.545,67 ha aptas, 164.594,96 moderadamente aptas y 286.839,69 marginalmente aptas. Entre las primeras se destacan las regiones del oriente antioqueño y altiplano norte.

A la región del oriente antioqueño pertenecen los municipios de Marinilla, Rionegro, Santuario, Carmen de Viboral, La Unión La Ceja y Sonsón, donde existen áreas aptas para la producción de brócoli. En la región del altiplano norte, se encuentran zonas aptas en los municipios de San Pedro de los Milagros, Santa Rosa de Osos, Yarumal y Belmira (figura 2) (Agronet 2013).

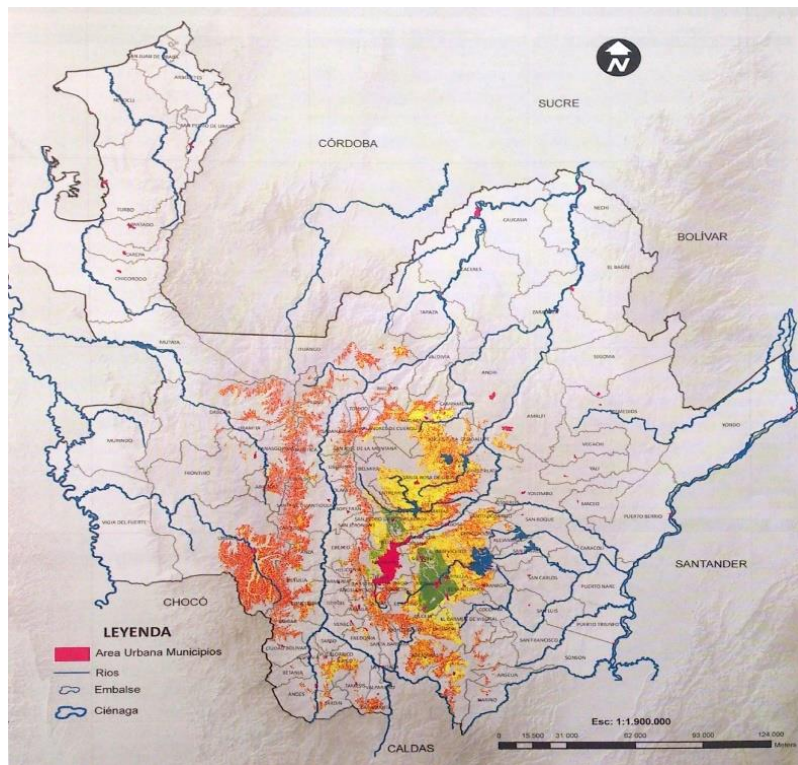
Es importante mencionar que, a pesar de que varios de estos municipios tienen condiciones óptimas para el cultivo, la vocación agropecuaria de los mismos ha llevado que no se desarrolle la horticultura de manera masiva. No obstante, tienen un gran potencial como productores de hortalizas de clima frío, en especial el altiplano norte de Antioquia, por su cercanía a la costa atlántica, región altamente demandante de hortalizas, ya que no tiene zonas productoras de las mismas.

La subregión del oriente antioqueño se encuentra ubicada al suroriente del departamento (figura 2) y comprende una extensión territorial de 7.021 km², equivalentes a 702.100 ha, que representan aproximadamente el 11 % del territorio departamental y el 0,6 % de Colombia. La cordillera Central atraviesa la subregión de sur a norte, lo que ocasiona que el 78,6 % de esa área sea montañosa, el 16,16 % pertenezca al altiplano y el 2,64 % corresponda a zona de lomerío (Toro et al. s. f.).

La subregión limita por el norte con el Valle de Aburrá y la subregión nordeste; por el oriente, con la subregión del Magdalena medio; por el sur, con el departamento de Caldas, y por el occidente, con parte del Valle de Aburrá y la subregión del suroeste. El oriente antioqueño está conformado por 23 municipios, agrupados en cuatro zonas:

- Zona del valle de San Nicolás, que comprende los municipios de Carmen de Viboral, El Retiro, El Santuario, Guarne, La Ceja, La Unión, Marinilla, Rionegro y San Vicente. Se encuentra articulada a la dinámica de expansión del Valle de Aburrá como centro complementario de desarrollo y presenta requerimientos de expansión por su oferta de recursos naturales, calidad paisajista y oferta de infraestructura. Su cercanía al área metropolitana permite un intercambio constante de servicios y productos, de beneficio mutuo para las poblaciones involucradas.

- Zona embalses, que comprende los municipios de Alejandría, Concepción, El Peñol, Granada, Guatapé, San Carlos y San Rafael. Está relacionada con el desarrollo del sector hidroeléctrico y turístico; algunos de sus municipios están vinculados a la dinámica metropolitana.
- Zona bosques: con una posición estratégica para contribuir a la recuperación del Magdalena medio, está conformada por los municipios de Cocorná, San Francisco y San Luis.
- Zona páramo, que comprende los municipios de Abejorral, Argelia, Nariño y Sonsón (Toro et al. s. f.).



Condición	Drenaje	Profundidad	Pendiente	Altitud	Zona de vida
Apta	Bien drenado	Profundo 80 – 120 cm Moderadamente profundo 40 – 80 cm Superficial < 40 cm	0% - 25%	1800 - 2600	bh-PM, bh-MB
Moderadamente apta			25,1 – 50%	1800 - 2600	bh-PM, bh-MB
			0 – 25%	1800 - 2600	bmh-PM, bmh-MB
Marginalmente apta			> 50%	1800 - 2600	bh-PM, bh-MB
	25,1 -50%	1800 - 2600	bmh-PM, bmh-MB		

Figura 2. Zonas homogéneas para la producción de brócoli en Antioquia.

Fuente: Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural 2011

La Resolución 041 de 1996 estableció las extensiones de las unidades agrícolas familiares, determinadas por zonas relativamente homogéneas, en los municipios situados en las áreas de influencia de las respectivas gerencias regionales. A su turno, las citadas zonas se constituyeron según los lineamientos de la Resolución 017 de 1995, por la cual se adoptaron los criterios metodológicos para fijar la unidad agrícola familiar, por zonas relativamente homogéneas. En consecuencia, se consideraron, entre otros, aspectos similares de cada zona en su fisiografía, de los cuales se destacaron aquellos relativos a la potencialidad productiva agropecuaria de los suelos, el clima y los recursos hídricos; desarrollo socioeconómico, infraestructura vial, servicios básicos, así como el encadenamiento a los mercados dentro y fuera del área. Correspondía a la junta directiva del Instituto Colombiano de la Reforma Agraria señalar las extensiones superficiarias en términos de unidades agrícolas familiares, en los procedimientos administrativos de adjudicación de tierras baldías y para otros efectos legales previstos en la Ley 160 de 1994.

En cuanto al brócoli, los municipios productores en Antioquia pertenecen a la zona relativamente homogénea No. 9, Valle de Aburrá y el oriente cercano, cuyas unidades agrícolas familiares, según la potencialidad de explotación, se fijan así: agrícola: 3-5 hectáreas; mixta: 12-16 hectáreas, y ganadera: 27-37 hectáreas. Incluye los municipios de Medellín, Bello, Concepción, Copacabana, Girardota, Envigado, Itagüí, Sabaneta, Caldas, La Estrella, Rionegro, Alejandría, El Carmen de Viboral, Guarne, Marinilla, Guatapé, El Peñol, San Vicente, Santo Domingo, Granada, El Retiro, La Ceja y La Unión.

En la Resolución 017 de 1995, por la cual se adoptan los criterios metodológicos para determinar la unidad agrícola familiar en terrenos baldíos por zonas relativamente homogéneas adjudicables en los municipios situados en las áreas de influencia de las respectivas gerencias regionales, se define una unidad agrícola familiar como una empresa básica de producción; es decir, una estructura de producción que debe cumplir con el siguiente conjunto de unidades o características:

Unidad básica de producción empresarial: se proyecta según una combinación eficiente de los factores de producción (tierra, trabajo, capital), con miras a obtener un fondo de consumo de la familia rural, un fondo de reposición de la unidad productiva y un excedente que permita capitalizar. Por lo anterior, requiere una buena administración y gestión empresarial. Los ingresos que en ella se generen deberán ser suficientes para satisfacer los fondos descritos, así como financiar la gestión.

Unidad social: debe permitir una remuneración justa al productor, tendiente al mejoramiento de sus condiciones de vida. Es decir, los mejores resultados técnicos y económicos se deben traducir en logros obtenidos en el plano familiar, enmarcados dentro del contexto socioeconómico respectivo.

Unidad jurídica: deben existir normas legales claras sobre derechos y obligaciones, así como una definición concreta sobre el papel de la unidad dentro del orden jurídico establecido.

Unidad sostenible: por cuanto contribuye al mejoramiento de la calidad de vida, mediante la reorientación de los sistemas de producción, de tal manera que se pueda prevenir el deterioro de los agroecosistemas, garantizando su conservación conforme a las políticas ambientales.

Tecnología adecuada: fundamentada en criterios de sostenibilidad ambiental que se adapten a los ecosistemas frágiles, como quiera que son la mayoría de los espacios bióticos de los baldíos nacionales. En otras palabras, que sea deseable desde el punto de vista social, viable desde el enfoque económico y prudente desde la perspectiva ecológica. La tecnología debe estar enmarcada tanto en las características culturales del beneficiario como en la adaptabilidad a las exigencias del medio.

Familia: Se define como el núcleo de personas compuesto por los cónyuges o compañeros permanentes, que comparten entre sí responsabilidades sobre hijos menores, o con parientes hasta el segundo grado de consanguinidad y que se hayan comprometido con el desarrollo de la unidad de producción.

Los suelos del oriente antioqueño

Los materiales parentales incluyen anfibolitas, serpentinitas y granodioritas que tienen varias unidades geológicas y geomorfológicas recubiertas —excepto en las llanuras aluviales inundables— por cenizas volcánicas dacíticas de hasta 10 mil años de edad, con espesores de 0,7 y 1,3 m, dispuestas en capas (Hermelin 1992).

Estos materiales han conformado suelos ácidos, probablemente de miles de años de edad, que han perdido parte de sus nutrientes, pese a lo cual presentan

características favorables para preservar la vegetación, la materia orgánica y la humedad.

El suelo agrícola típico tiene horizonte A de medio a profundo, es de colores oscuros y textura franca; horizonte B, con unos 50 cm de profundidad, de textura franca limosa, y el horizonte C, de profundidades hasta de 1,5 m, masivo, de textura franca limosa. Los suelos son ligeramente ácidos con deficiencias en nutrientes, especialmente fósforo. La presencia de materia orgánica y alófana les ha dado la propiedad de mantenerse (si no hay efectos antrópicos severos) aún en pendientes marcadas; tienen la cualidad de retener agua, con una permeabilidad relativamente alta. Las propiedades físicas de los suelos han favorecido su estabilidad, y exhiben una resistencia natural a la erosión, probablemente relacionada con periodos prolongados de abundante cobertura vegetal durante su proceso de consolidación en la zona (Hermelin 1992).

Dinámica económica regional

El oriente antioqueño está compuesto por 984 veredas; por su extensión, Sonsón es el municipio que mayor número posee (95), y Guatapé el que menos (8). El municipio más alejado de Medellín por vía terrestre es Argelia, a 146 km, y le sigue Nariño, a 143 km; el más cercano es Guarne, a 24 km de distancia.

En cifras, el altiplano o zona del valle de San Nicolás presenta los índices más altos de desarrollo de la subregión, pues concentra el 65 % de la población y el 92 % de la actividad económica (Toro et al. s. f.). Durante los últimos 25 años la zona ha sido marcada por el establecimiento de fincas de recreo y actividades industriales, comerciales y de servicios (aeropuerto, zona franca, vías). Su área de cobertura terrestre es de 174.383 hectáreas, de las cuales 37 % son agrícolas, 17 % de pastos y 4 % de bosques. Los mayores índices del producto interno bruto (PIB) de sus municipios provienen de la actividad agropecuaria.

La zona embalses agrupa el 13 % de la población del oriente; su nivel de urbanización es de 39,4 %, su área de cobertura terrestre es de 180.508 ha, distribuidas así: 39 % agrícola, 25 % pastos, 31 % bosques y 8.563 hectáreas (5 %) aguas continentales.

En lo que respecta a la zona bosques, allí se concentra el 6 % del oriente; el nivel de urbanización es del 33 %, y comprende un área de cobertura terrestre de 114.916

hectáreas: 24 % agrícolas, 13 % pastos y 62 % bosques. Esta zona combina la economía campesina y el comercio informal alrededor de la autopista Medellín-Bogotá.

Finalmente, en la zona páramo se agrupa el 16 % de la población del oriente antioqueño, la cual vive principalmente de la agricultura (café, papa, frijol, maíz, ganado de leche y producción de panela). Su área de cobertura terrestre es de 235.522 hectáreas, divididas así: 23 % agrícola, 27 % pastos y 50 % bosques.

En general, la subregión del oriente antioqueño se destaca por su riqueza en recursos naturales, por las actividades económicas industriales que allí se desarrollan, los servicios de apoyo a la producción, su potencial turístico y el desarrollo inmobiliario. El sector rural es un elemento central en su desarrollo y es una fuente de alimentos, muy importante, para el departamento. La producción lechera, que es una de las principales fuentes de empleo, es propia de los municipios de La Unión, La Ceja y Rionegro. En la zona donde se ubican los embalses y en la vertiente del Magdalena medio hay producción de café, plátano, caña y yuca (Toro et al. s. f.).

La subregión del altiplano del oriente antioqueño, por su variedad de climas, tierras, conectividad física, grado de urbanización que respalda al campo rural, redes institucionales y vocación productiva en el campo, es, junto con Urabá, la de mayor potencial productivo agropecuario (Acuerdo... 2007). Presenta suelos ácidos (pH 5,6), con capacidad de intercambio catiónico casi totalmente saturada por hidrogeno, pobres en nutrientes, principalmente en fósforo disponible, que es bajo por la alta fijación de fosfato que tienen los andisoles. La gran riqueza en materia orgánica del horizonte superior y la presencia de alófana permiten la formación del complejo húmico arcilloso de gran estabilidad, suelos con alto poder de retención de humedad y permeabilidad relativamente alta, características ideales para la producción de brócoli (Hermelin 1992).

Capítulo II

Descripción botánica, taxonómica y clasificación del brócoli

Jorge Jaramillo Noreña
Carolina Valencia
Paula Andrea Aguilar

Origen

La familia de las crucíferas data de los años 2000 a 2550 a. C. Tienen como ancestro común una planta silvestre originaria del Mediterráneo y de Asia Menor. De allí se dispersó hacia Inglaterra, las costas de Dinamarca, Holanda, Francia, España y Grecia.

El cultivo fue introducido en la península itálica durante el Imperio Romano y ya era conocido por los griegos, antiguos germanos, sajones y celtas (Jaramillo y Díaz 2006; Flórez et al. 2010). Su propagación en el mundo se le atribuye a los comerciantes y navegantes del Mediterráneo, y también a los intercambios culturales que se realizaron durante la expansión y consolidación de las culturas de ese mar (griega, romana, musulmana, entre otras) (Jaramillo y Díaz 2006).

Clasificación botánica y taxonómica

El brócoli pertenece a la familia de las crucíferas (figura 3), al igual que otras especies de la misma familia de importancia económica como el repollo blanco, el repollo morado, el repollo crespo, la coliflor, el rábano, la col de Bruselas y la col china.



Figura 3. Clasificación taxonómica de la planta de brócoli.

Fuente: Coba 2011

Morfología

Raíz. Es pivotante, con una raíz principal vertical y varias secundarias; gruesa, ramificada y profunda, se extiende alrededor del tallo de 45 a 60 cm (figura 4) (Jaramillo y Díaz 2006; Flórez et al. 2010).



Figura 4. Raíz de planta de brócoli.

Foto: Carolina Valencia

Tallo. Es herbáceo, cilíndrico, de porte erecto, grueso, con un diámetro de 3 a 6 cm y largo de 20 a 50 cm (figura 5). Sobre él se sitúan las hojas en forma alterna (Jaramillo y Díaz 2006; Flórez et al. 2010).



Figura 5. Tallo de planta de brócoli.

Foto: Carolina Valencia

Hojas. De color verde oscuro, rizadas, festoneadas con ligerísimas espículas, simples o compuestas, enteras a variadamente lobuladas o dentadas, sin estípulas, de lámina foliar amplia, cerosas, insertas de modo alterno y a distancias cortas, que crean entrenudos cortos que permite la forma de roseta (figura 6).



Figura 6. Hojas de planta de brócoli.

Foto: Carolina Valencia

Las hojas son pecioladas, estrechas y erguidas; peciolo generalmente desnudos o con formas estipuloides; limbos frecuentemente con los bordes más ondulados y nervaduras marcadas. Se ubican de manera alterna, de forma grande, desde 50 cm de longitud y 30 cm de ancho, varían en número de 15 a 30, según el material genético (Jaramillo y Díaz 2006).

Inflorescencia. Parte comestible y comercializable de la planta (figura 7). Se encuentra compuesta por una masa densa de yemas florales funcionales, color verde gris a morado; puede alcanzar un diámetro hasta de 30 cm en cabezas principales y en los rebrotes laterales alcanzan 10 cm (Flórez et al. 2010).



Figura 7. Inflorescencia de planta de brócoli
Fotos: Jorge Jaramillo

Flor. Las flores son de color amarillo (figura 8), de polinización cruzada, con la ayuda de insectos. Compuestas por cuatro pétalos libres, amarillos y dispuestos en forma de cruz, de seis estambres con anteras bilobuladas, estilo simple, estigma capilado y ovarios supero carpelares.



Figura 8. Inflorescencia de planta de brócoli
Fotos: Jorge Jaramillo

Fruto. El fruto es una silicua (pequeña vaina) (figuras 9), de color verde oscuro, con una longitud promedio de 3 a 4 cm y contiene de tres a ocho semillas (Jaramillo y Díaz 2006; Flórez et al. 2010).



Figura 9. Silicua portadoras de la semilla de brócoli

Fotos: Miryam Guzmán y Jorge Jaramillo

Semilla. De tamaño pequeño (2 a 3 mm), de forma redonda (figura 10). En un gramo, se pueden encontrar hasta 350 semillas (Jaramillo y Díaz 2006; Flórez et al. 2010).

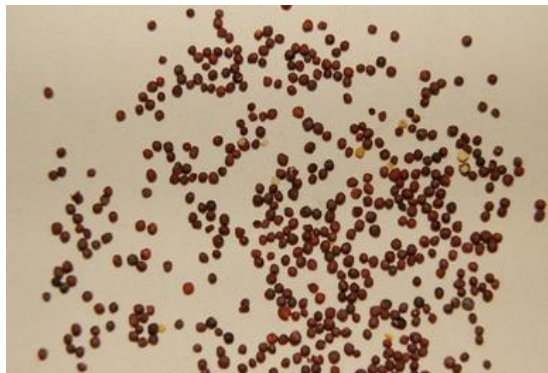


Figura 10. Semillas de brócoli

Foto: Jorge Jaramillo y Carolina Valencia

Fenología del cultivo

Según la codificación escala fisiológica de la BBCH, el desarrollo fenológico de hortalizas se lleva a cabo en diez estadios, que se inician con la germinación y finalizan

con la senescencia. Las etapas fisiológicas del brócoli para Colombia son de 3 estadios porque no se produce semilla (tabla 1) (Bleiholder et al. 2001 y Flórez et al. 2010)

Tabla 1. Estadios fenológicos del brócoli

Código	Título	Descripción	Ocurrencia
Estadio principal 0	Germinación	Inicia con la semilla seca; incluye la imbibición de la semilla (aumento de humedad en el cotiledón y endospermo de la semilla), la radícula emerge de la semilla, el hipocotilo con los cotiledones atraviesan el tegumento seminal, hasta la emergencia (los cotiledones salen a la superficie del suelo).	Se lleva a cabo en condiciones controladas en plantuladoras. La germinación puede demorarse de 2 a 5 días después de la siembra.
Estadio principal 1	Desarrollo de las hojas (tallo principal)	Comienza con los cotiledones completamente desplegados y formación de la hoja verdadera hasta la novena o más hojas verdaderas desplegadas.	Inicia en las plantuladoras hasta que las plantas tienen dos hojas verdaderas. La formación de hojas (figura 11) continúa hasta el día 40 o 55 días después del trasplante (ddt).
Estadio principal 2	Formación de brotes laterales o pella principal.	Empieza con la formación del primer brote lateral visible y los estadios continúan hasta la formación de los brotes laterales o axilares.	Inicia su formación 40-60 ddt y finaliza entre 60-90 ddt, dependiendo del tipo de material. En la actualidad los cultivadores comerciales de mayor comercialización producen una cabeza única. Los materiales que producen brotes son sembrados únicamente para huertas escolares y familiares, ya que los brotes no se comercializan (figura 12).

Fuente: Adaptado de Bleiholder et al. 2001; Flórez et al. 2010

Cada etapa varía según el material genético, que puede ser temprano, medio o tardío. Las variedades utilizadas en Antioquia son precoces porque completan el ciclo del cultivo en un tiempo menor de 90 días, iniciado desde semillero.



Figura 11. Desarrollo de hojas.
Foto: Jorge Jaramillo



Figura 12. Formación de la pella o cabeza.
Foto: Jorge Jaramillo

Hasta el momento el híbrido Legacy ha sido ampliamente evaluado. La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica, estudió y determinó las etapas de desarrollo para la región del oriente antioqueño y se identificaron las fases vegetativa y reproductiva, subdivididas en cuatro etapas: semilleros, juvenil, aparición floral y formación de la inflorescencia.

El ciclo comercial para el híbrido tuvo una duración aproximada de 98 días en promedio, incluida la fase semillero; sin embargo, este ciclo puede acortarse a 92 días en época de verano y extenderse hasta 107 días en invierno (tabla 2) (Gutiérrez y Vásquez 2014).

Tabla 2. Fases de desarrollo para el híbrido Legacy

Fase	Etapa	Estado	Duración (días)	Procesos y descripción
V	0	Semillero	30-35	Germinación, emergencia y aparición de las cuatro primeras hojas verdaderas (figura 13)
V	1	Juvenil	40	A partir del trasplante a campo. Hay incremento en número de hojas, engrosamiento del tallo y elongación de la planta (figura 14).
R	2	Emergencia floral	8	Visualización de la inflorescencia (figura 15).
R	3	Formación de cabeza o pella	15	Crecimiento de la cabeza, sin perder la compactación (hasta inicio de cosecha) (figura 16).

Fuente: Gutiérrez y Vásquez 2014



Figura 13. Etapa 0. Semillero. Germinación de semillas brócoli.
Foto: Miryam Guzmán



Figura 14. Etapa 1. Juvenil. Incremento en número de hojas, engrosamiento del tallo y elongación de la planta.

Fotos: Jorge Jaramillo y Carolina Valencia



Figura 15. Etapa 2. Emergencia floral. Visualización de brotes.
Fotos: Jorge Jaramillo y Miryam Guzmán



Figura 16. Etapa 3. Formación de cabeza hasta cosecha de la pella
Foto: Jorge Jaramillo

Valor nutricional y medicinal

El brócoli posee un alto valor nutricional y medicinal que radica principalmente en su alto contenido de vitaminas, minerales, carbohidratos y proteínas. Posee propiedades antivirales, alto contenido de yodo que ayuda a regular la insulina y el azúcar en la sangre, lo que reduce el riesgo de diabetes (Herrera et al. 2002).

Investigaciones han demostrado que contiene una sustancia anticancerígena llamada sulforafano, ayuda a prevenir las cataratas y el estreñimiento, reduce el riesgo de artritis y enfermedades del corazón (Herrera et al. 2002). Se recomienda para las personas que padecen de gota, debido a su gran contenido de calcio, hierro y vitamina C; posee propiedades diuréticas, antianémicas, laxantes y depuradoras de la sangre, además controla la obesidad (Jaramillo y Díaz 2006). Es una fuente rica en vitaminas A y C, que contribuyen al buen funcionamiento del sistema inmunológico del organismo, y de vitamina K, esencial en la formación de ciertas proteínas indispensables en la coagulación de la sangre; por último, ayuda a mantener la elasticidad de las arterias (Jaramillo y Díaz 2006).

El brócoli se cataloga como la hortaliza con mayor valor nutritivo por unidad de peso comestible (tabla 3). Se consume en forma natural (ensaladas), cocida (sopas, tortas), en conservas e industrialmente se utiliza en encurtidos.

Tabla 3. Composición del Brócoli (*Brassica oleracea* L. var. Italica) por 100 gramos de porción comestible

Nombre	Unidad	Valor	Nombre	Unidad	Valor
Agua	%	89,3	Ácidos grasos mono-insat	g	0,01
Energía	Kcal	34	Ácidos grasos poli-insat		0,04
Proteína		2,82	Ácidos grasos saturados		0,04
Grasa total		0,37	Colesterol	Mg	0
Carbohidratos	g	6,64	Potasio		316
Fibra dietaria total		2,6	Sodio		33
Ceniza		0,87	Zinc		0,41
Calcio		47	Magnesio		21
Fósforo		66	Vitamina B6		0,17
Hierro		0,73	Vitamina B12	Mcg	0
Tiamina	Mg	0,07	Ácido Fólico		0
Riboflavina		0,12	Equivalente de folato dietario, EFD		63
Niacina		0,64	Fracción comestible	%	0,59
Vitamina C		89			
Vitamina A equiv. Retinol		31			

Fuente: Instituto... 2012

Esta hortaliza se consume en forma natural (ensaladas), cocida (sopas, tortas), en conserva e industrialmente se prepara en encurtidos.

Capítulo III

Propagación y recurso genético

Propagación

La propagación del brócoli es de tipo sexual (por medio de semillas) (figura 17). La mayoría de las semillas son resultado de programas de mejoramiento genético para la producción de híbridos, que requieren áreas aisladas para controlar el flujo del polen y así garantizar la pureza de los materiales. La semilla de los materiales comerciales importados ya viene tratada para protegerla, al igual que a la plántula apenas germina, de patógenos del suelo.



Figura 17. Semilla de brócoli.
Fotos: Jorge Jaramillo

Producción de plántulas en confinamiento

El semillero es el lugar donde inicia la vida productiva y reproductiva de una planta. Es área de terreno, o un recipiente, diseñada para contener el sustrato y depositar las semillas, de forma tal que se pueden brindar condiciones óptimas de humedad que, ligadas a adecuadas condiciones de luz y temperatura, permitan una mejor emergencia de la semilla, para brindar durante los primeros estados de desarrollo de la planta los mejores cuidados hasta ser trasplantada a campo (Jaramillo et al. 2006; Jaramillo y Díaz 2006). Los semilleros deben estar protegidos. Se deben ubicar bajo una cobertura plástica o invernadero para controlar los cambios de temperatura, humedad relativa, agua lluvia, ataques de insectos, plagas, enfermedades y la entrada de animales (figura 18). La zona estar iluminada y libre de sombras;

protegida de vientos fuertes que puedan tumbar o torcer las plántulas, o herirlas con el polvo o la arenilla que ellos transportan (Jaramillo et al. 2006 y Jaramillo y Díaz 2006).



Figura 18. Semillero de brócoli en bandeja y en condiciones protegidas.

Foto: Miryam Guzmán

La alternativa que reemplaza los semilleros tradicionales es la utilización de bandejas plásticas (figura 19) para producción de plántulas en confinamiento; por cada semilla sembrada se obtiene una nueva plántula (figura 20) (Jaramillo y Díaz 2006). Como el costo de la semilla es elevado, la producción de plántulas en semillero en condiciones protegidas es la mejor opción porque, entre otras, se garantiza una producción más homogénea, la calidad es mayor, se planifican las siembras y, además, se reducen las labores culturales (Flórez et al. 2010).



Figura 19. Bandejas para semillero.

Foto: Jorge Jaramillo



Figura 20. Siembra de semilla
Foto: Jorge Jaramillo

En el mercado de bandejas para semilleros hay una amplia gama de recipientes para producción de plántulas, las más utilizadas son las fabricadas en polipropileno. Para la producción de brócoli se recomiendan bandejas de 53 a 128 conos, con volumen de celda de 37 a 28 cm³; porque permiten un mayor desarrollo radicular y del follaje. La selección de la bandeja que se va a utilizar depende del tamaño final deseado de las plántulas, el costo de la bandeja y del tipo y costo del sustrato que se va a utilizar. El más usado es la turba, un sustrato traído de otros países, que es un recurso natural no renovable, por lo que la tendencia en la actualidad es reemplazarlo por mezclas de otros materiales como cascarilla de arroz, fibra de coco, etc. (figura 21) (Jaramillo y Díaz 2006).



Figura 21. Turba para semillero o sustrato
Foto: Jorge Jaramillo

Entre las ventajas de la siembra en bandejas se encuentran: ahorro de semillas, mejor planificación de siembras, desarrollo uniforme, calidad de plántulas, desarrollo radicular dirigido, poda natural y control de malezas, ahorro de sustrato, fácil remoción y no se genera destrucción de la raíz de las plantas al momento del trasplante; son higiénicos, se pueden esterilizar, y propician aumento en la rotación del cultivo y de áreas en campo (Jaramillo et al. 2013).

También es importante tener en cuenta que las semillas que se utilicen deben estar certificadas. Se deben lavar y desinfectar muy bien las bandejas (se emplea solución diluida de hipoclorito de calcio al 5 %) (Figura 22); los sustratos deben ir libres de cualquier contaminación (se puede emplear vermiculita, turba, cascarilla de arroz esterilizada, fibra de coco, compost, lombricompostos) (Jaramillo et al. 2013).



Figura 22. Lavado y desinfección de bandejas.

Foto: Jorge Jaramillo

La plántula ideal debe ser compacta, de tallo robusto y recto, color verde oscuro, buen sistema radicular, sin presencia de daños por plagas y enfermedades, con una longitud de 10 a 12 cm y dos hojas verdaderas. La edad adecuada para el trasplante es aproximadamente de cuatro semanas (figura 23) (Jaramillo y Díaz 2006).



Figura 23. Plántula de brócoli.
Foto: Jorge Jaramillo

Recomendaciones para la conservación de semilla destinada a plantulación

Una mala conservación de la semilla reduce el ciclo de vida, altera significativamente la viabilidad de la misma y, por ende, la germinación y el vigor, lo que afecta drásticamente los costos de producción de quien produce las plántulas.

- Conservar en forma ideal la semilla en áreas frescas secas y frías a una temperatura entre 10 a 15°C y HR externa entre 50 a 55 %, en envases herméticos.
- Tener presente que el calor y alta humedad ambiental deterioran la semilla.
- No guardar semillas de latas abiertas; preferiblemente usar envases pequeños.
- Evitar que las latas reciban sol directamente.
- Recordar que los cambios bruscos de temperatura afectan la semilla.
- No deje caer las latas de semilla; puede haber fracturas que las dañen.

Si el productor no tiene el conocimiento y la infraestructura para producir las plántulas, se recomienda contratar el material vegetal con una empresa propagadora o con un plantulador reconocido en la región que posea experiencia en producir con calidad y que se encuentre registrado ante el Instituto Colombiano Agropecuario, ICA. La contratación del material es una actividad que en un 96,88 % realizan los productores del oriente y del norte antioqueño. Generalmente en las zonas

productoras las plántulas se cultivan por pedido. Se celebra un contrato con el plantulador con el fin de garantizar la producción, el abastecimiento continuo, la calidad y, en algunas ocasiones, un mejor precio (Jaramillo et al. 2013).

Producción industrial de plántulas en Colombia

El agua ideal para emplear en el riego de plántulas debe cumplir con algunos requisitos como:

- pH 6,0 a 6,2
- Conductividad eléctrica antes de fertilización: 0,1 a 0,3
- Concentración de hierro final: 0,3 ppm
- Concentración de cloro antes de desinfección —de modo orientativo, pues puede variar de acuerdo con el tipo de agua—: 3 ppm; al momento del riego, mínimo 10 horas después del tratamiento, debe quedar en 0,3 ppm

Los sustratos ideales en bandejas deben cumplir con los siguientes requisitos:

- Estar certificados y libres de todo tipo de patógenos.
- Tener una buena capacidad de intercambio catiónico.
- Tener pH neutro.
- Ser muy livianos, con baja densidad aparente y muy buena retención de humedad.
- Tener un 50 % en volumen de espacio poroso que, después de un riego, quedará compartido a capacidad de campo en un 25 % de espacio poroso y un 25 % de agua retenida; el restante 50 % corresponde al volumen ocupado por el sustrato.

Efectos de un mal sustrato

- Si hay exceso de humedad: bajan los porcentajes de germinación, se produce pudrición de raíz, clorosis de hojas, alongamiento de plántulas y plantas débiles que se hacen susceptibles al despegue en el trasplante.
- Si falta de humedad por un sustrato pobre en retención de humedad: plantas de bajo crecimiento y desarrollo, que serán susceptibles en campo a floración prematura y pellas no compactas.

Las figuras 24, 25, 26, 27, 28 y 29 ilustran el proceso de producción industrial de plantines en la empresa Rioplant Ltda.



Figura 24. Área de mezclado de sustratos.
Foto: Orlando Arguello

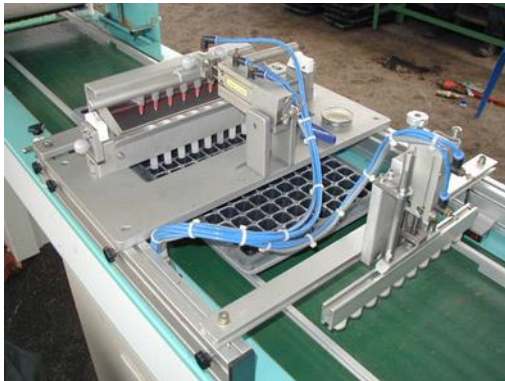


Figura 25. Área de marcado y siembra automática de bandejas.
Foto: Orlando Arguello



Figura 26. Área de riego bandejas recién sembradas.
Foto: Orlando Arguello



Figura 27. Área de pregerminación con temperatura, humedad y luz controlada.
Foto: Orlando Arguello

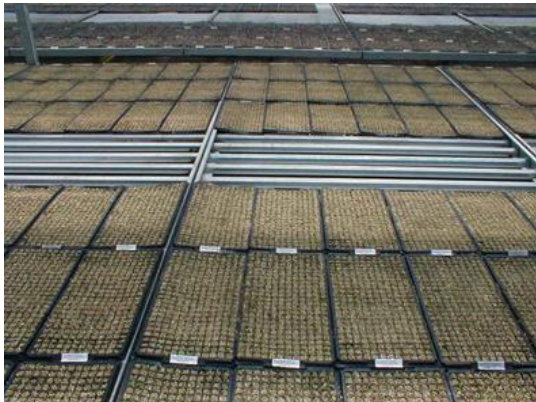


Figura 28. Ubicación de bandejas en invernadero.
Foto: Orlando Arguello



Figura 29. Plántulas ideales en desarrollo.
Foto: Orlando Arguello

Recurso genético

Para seleccionar un buen material para la siembra, es necesario tener en cuenta algunos criterios de calidad y las exigencias del mercado. Del mismo modo, considerar la su adaptación de la planta a las condiciones agroecológicas de la región y las posibilidades de un excelente rendimiento (Jaramillo y Díaz 2006; Flórez, et al. 2010)

Ciclo

Indica los días transcurridos desde la siembra de la semilla hasta la recolección. Se clasifica en precoz (ciclo menor de 90 días), intermedio (de 91 a 110 días) y tardío (mayor de 111 días). Se prefieren los materiales cuyo ciclo sea más corto (Jaramillo y Díaz 2006 y Flórez et al. 2010).

Altura de la planta

Se prefieren materiales bajos y compactos, que requieran menores distancias de siembra y, por ende, redunden en mayor densidad de población por área de superficie.

Distribución e inserción de las hojas

Se buscan hojas erectas que faciliten el desarrollo de las pellas o cabezas y la recolección (Jaramillo y Díaz 2006; Flórez et al. 2010).

Brotos secundarios

Estos brotes son estructuras poco deseadas en siembras comerciales, por lo tanto, se recomienda utilizar materiales que no presenten su formación (Jaramillo y Díaz 2006; Flórez, et al. 2010).

Pella o cabeza

El mercado exige brócolis con pellas compactas, de buen peso y con buena tolerancia al manipuleo en campo y poscosecha. (Jaramillo y Díaz 2006; Flórez et al. 2010).

Forma. Se requiere que sea de forma esférica o asemeje un domo, lo cual permite que el agua de lluvia no quede retenida en la superficie y en los días soleados no ocurra quemazón del tejido, por el efecto lupa que ejercen los rayos solares sobre las gotas de agua (Jaramillo y Díaz 2006; Flórez et al. 2010).

Superficie externa de la pella. Se refiere al grado de inserción y distribución uniforme de los floretes dentro de la pella que deben dar la apariencia de un domo liso, continuo y uniforme (figura 30).



Figura 30. Pella o cabeza grano fino, ideal para la cosecha.
Foto: Jorge Jaramillo

Tamaño del grano. Hay tipos de brócoli con granos de tamaño grande que generalmente dan origen a pellas menos compactas y menos firmes; con granos medios o con granos pequeños, comúnmente llamados “grano fino”. Estos últimos dan origen a pellas más compactas, firmes y de mayor peso; generalmente el brócoli de grano fino tiende a ser ligeramente más tardíos que el de grano grueso.

Compactación de la pella. Corresponde al grado de firmeza de la pella a la hora de la cosecha. Para que una pella presente buena compactación —que es una característica importante para el mercado no solo de consumo fresco sino también industrial— debe combinar varias cualidades: alta inserción entre floretes, granos de tamaño medio a finos o pequeños, maduración lenta y uniforme del grano, buen peso de sus floretes.

Grano café. Cuando la maduración de algunas flores dentro del florete que conforma la pella es bastante desigual y algunas de ellas se sobremaduran muy rápido, estas

últimas toman un color parduzco o café. El fenómeno sucede por factores climáticos, como cambios bruscos de temperatura, altas por el día y bajas por la noche; de manejo, como exceso de humedad en el suelo; baja fertilidad o características genéticas. El producto con esta particularidad es rechazado en el mercado.

Color de la pella o cabeza. En el brócoli hay amplitud de matices verdes; los más deseados por los consumidores son los de color verde oscuro a verde violeta o azulado. Aunque existen variedades de colores rojizos y blancos, en Colombia, para el caso de nuestros híbridos comerciales, los colores violáceos evidentes obedecen a grados de deficiencias de fósforo en algunas regiones, por insuficiencia del suelo o por bajas temperaturas durante el proceso de la formación de la pella.

Peso

En el comercio se requieren pesos entre 300 y 400 gramos (Jaramillo y Díaz 2006 y Flórez et al. 2010). En Colombia se cultivan variedades e híbridos precoces que pueden producir durante todo el año y que son aptos para clima frío; estos proceden de Estados Unidos, principalmente de California.

Híbridos y variedades

En el departamento de Antioquia, el 71,88 % de los productores del oriente y norte antioqueño siembra el híbrido Legacy, porque presenta excelente adaptación a las zonas productoras, uniformidad en el desarrollo del cultivo, color verde oscuro, pella en forma de domo y grano muy fino, que son las características que pide el mercado local. A continuación, se presentan las características de las principales variedades o híbridos que se cultivan en los municipios productores de Antioquia (Rionegro, Marinilla, Guarne, El Carmen de Viboral, La Ceja y San Pedro).

Híbrido Avenger

Planta vigorosa, con una madurez relativa de 85-90 días después del trasplante, cabezas bien estructuradas en forma de domo, de tamaño medio-grande, sin brotes laterales, con grano fino y gran peso, de color verde azulado y crecimiento alto (figura 31). La uniformidad de cabezas beneficia el empaque en caja para fresco y el buen aprovechamiento de floretes para el proceso (Sakata 2015a).



Figura 31. Brócoli híbrido Avenger.
Foto: Jorge Jaramillo

Variedad Marathon

Variedad de ciclo medio (madurez relativa: de 85-90, días después del trasplante). Planta vigorosa, medianamente alta, muy adaptada a todo tipo de suelos y condiciones, pellas abovedadas, densas y compactas; color verde azulado, floretes cortos de tamaño medio y uniformes, domo alto, grano fino, y cabeza pesada (figura 32). Según las condiciones de cultivo, admite tanto la recolección única como el floreteado de rebrotes, que tienen gran aceptación. Apta para mercado en fresco y para la industria (Sakata 2015b).



Figura 32. Brócoli variedad Marathon.
Foto: Jorge Jaramillo

Híbrido Legacy

Es el más sembrado en las zonas productoras del oriente y norte de Antioquia. Madurez relativa entre 75 a 80 días a partir del trasplante. Tallo cilíndrico y corto que al lograr su altura definida comienza la formación de las hojas, las cuales son de color verde oscuro, algo rizadas y festoneadas, estrechas, erguidas, con peciolo generalmente desnudos, limbos con los bordes más ondulados; nervaduras más marcadas y blancas, oblongas (de unos 35 a 40 cm de largo y 15 cm de ancho).

Las pellas del híbrido son claras, pequeñas, de superficie granulada, de grano fino y uniforme, compactas; tienen perfecta forma de domo, floretes simétricos, uniformes y de color verde oscuro, de hasta 20 cm de diámetro y peso entre 400 a 550 gramos; flores pequeñas en forma de cruz (figura 33).



Figura 33. Brócoli híbrido Legacy.

Fuente: Semillas Arroyave 2014

Se emplea en diferentes usos como en la industria de congelados, en el mercado fresco, doméstico y para exportación. La comercialización puede ser por cabezas completas o por floretes individuales. Este híbrido se caracteriza por su resistencia o tolerancia a enfermedades tales como alternaria, mildew polvoso, peronospora parasítica (Semillas Arroyave 2014).

Híbrido Baton

Este híbrido se adapta entre los 1.900 y 2.700 msnm. Tiene un ciclo de vida de 70 a 75 días a partir del trasplante. Posee un tallo cilíndrico, corto y rematado en su parte terminal por una masa voluminosa de yemas florales hipertrofiadas muy apretadas unas junto a otras. Al lograr su altura definida, comienza la formación de las hojas, que son de color verde oscuro, algo rizadas y festoneadas, más estrechas que en la coliflor y más erguidas, con peciolo por lo general desnudos, limbos normalmente con los bordes más ondulados y nervaduras más marcadas y blancas y oblongas (de unos 35 a 40 cm de largo y 15 cm de ancho).

Las pellas del Baton son claras, pequeñas, de superficie granulada y constituyen conglomerados parciales más o menos cónicos, de grano semifino y uniforme. Son compactas, con forma de domo, floretes simétricos, uniformes y de color verde oscuro, hasta de 20 cm de diámetro.

En la yema terminal, la planta desarrolla una pella y, al tiempo, en las yemas axilares de las hojas ocurre la fase de inducción floral con la formación de nuevas pellas, que serán bastante más pequeñas que la principal. Tienen una textura suave y pesan de 350 a 400 gramos (figura 34).

El híbrido muestra resistencia o tolerancia a alternaria, mildew polvoso y *Peronospora parasítica* (Semillas Arroyave 2014).



Figura 34. Brócoli híbrido Baton.
Fuente: Semillas Arroyave 2014

Capítulo IV

Características edafoclimáticas para el desarrollo del cultivo de brócoli

El brócoli se desarrolla en cualquier tipo de suelo, pero prefiere aquellos francos a franco arcillosos, fértiles, con buen contenido de materia orgánica, profundos, con buen drenaje y buena retención de humedad. Es muy sensible a la acidez del suelo, el pH óptimo para su desarrollo está entre 5,5 y 6,8, pero se adapta perfectamente a pH del orden de 7,5 pues su nivel de extracción de calcio es muy elevado. Son plantas medianamente resistentes a la salinidad del suelo (Semillas Arroyave 2014; Flórez et al. 2010). Para un buen desarrollo del cultivo del brócoli, las características climáticas recomendadas son las que se relacionan en la figura 35.

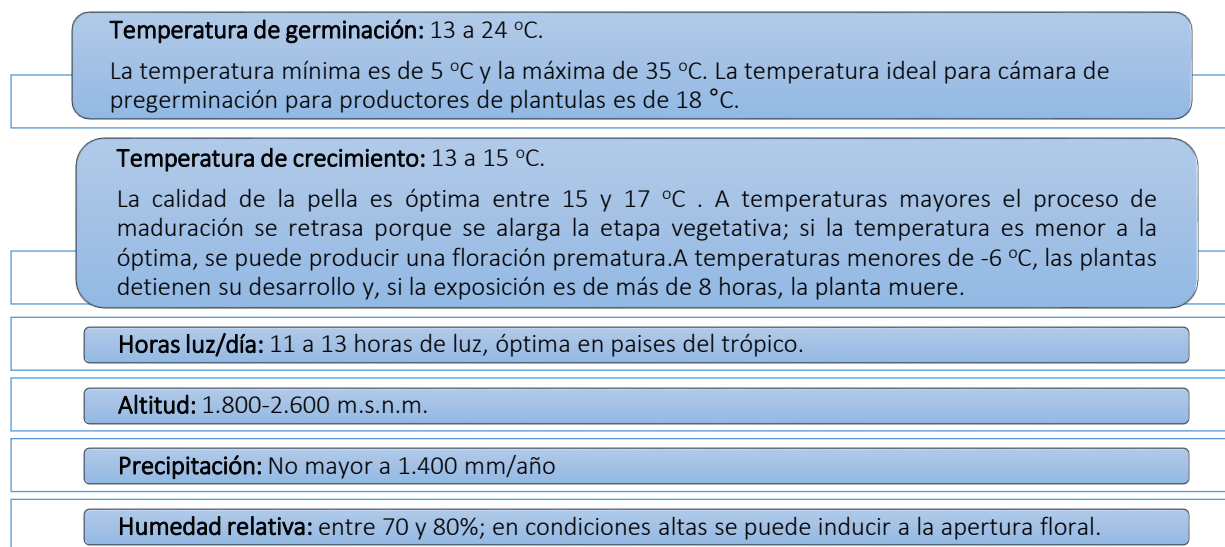


Figura 35. Características climáticas recomendadas para el cultivo del brócoli.

Fuente: Bonilla et al. 2011; Jaramillo y Díaz 2006

Manejo del recurso suelo

Caracterización de los suelos

Los suelos de clima frío de Antioquia presentan condiciones estructurales variadas, las cuáles van desde topografías muy planas hasta onduladas, en colinas de baja

montaña o ladera. En el horizonte A presenta Tamayo (Jaramillo y Díaz 2006) texturas medias: francas, franco arcillo limosas y franco limosas. Las características de textura, estructura y alto contenido de materia orgánica originan una porosidad aparente total alta, con una buena distribución de macro y microporos que permiten una adecuada retención de agua disponible, pero una profundidad efectiva superficial menor de 50 cm, de fertilidad baja, con pH entre fuertemente ácido a moderadamente ácido (4,6-5,5). Estos terrenos presentan aluminio intercambiable, generalmente menor de 3,0 me/100 g, que puede llegar a representar hasta el 60 % de las bases intercambiables. La materia orgánica también desempeña un papel importante en las propiedades físicas de estos suelos, pues los hace bien estructurados y estables. No sucede lo mismo con la parte química, porque la materia orgánica que hay en el suelo aporta poco nitrógeno, fósforo y azufre inorgánico; aun así, dicha materia contribuye de forma notoria en la capacidad de intercambio catiónico (CIC) (Jaramillo y Díaz 2006).

La alta capacidad de cambio aniónico y de fijación de fosfatos son otras características importantes de estos suelos, lo que se atribuye a la gran cantidad de alófana (mineral amorfo con altos contenidos de aluminio y parte del potasio total), porque en realidad la mineralización es muy baja.

El oriente cercano de Antioquia presenta diversas tipologías de suelos. Ellos contienen materiales parentales que incluyen anfibolitas, serpentinitas y granodioritas que tienen varias unidades geológicas y geomorfológicas recubiertas —excepto en las llanuras aluviales inundables, por capas de cenizas volcánicas de hasta 10.000 años de edad con espesores de 0,7 y 1,3 m, edad en la que han perdido parte de sus nutrientes—; pese a lo anterior, presentan características favorables para preservar vegetación, materia orgánica y humedad. Su grado de acidez oscila entre fuertemente ácido (pH 4,6) y moderadamente ácido (pH 5,6). Son suelos con altos contenidos de materia orgánica, bajos en nitrógeno disponible y con deficiencias en nutrientes, especialmente fósforo. La presencia de materia orgánica y alófana les han dado la propiedad de mantenerse (si no hay efectos antrópicos severos) aún en marcadas pendientes, lo que les brinda la cualidad de retener agua, pero conservando una permeabilidad relativamente alta. Sus propiedades físicas, como se anotó, favorecen la estabilidad y presentan una resistencia natural a la erosión, probablemente ligada a periodos prolongados de abundante cobertura vegetal durante el proceso de consolidación del suelo (Hermelin 1992; Ramírez s. f).

La temperatura promedio de la zona es de 17 °C, estable la mayor parte del año y regímenes de lluvia es de 1.600 a 2.000 mm/año. Históricamente se presentan dos épocas anuales de mayores precipitaciones: abril-junio y septiembre-noviembre, con 280 mm/mes de precipitación; los meses secos rondan por los 50-70 mm/mes. En conclusión, por lo anteriormente descrito, el oriente cercano presenta condiciones edafoclimáticas adecuadas para el cultivo de brócoli (Hermelin 1992).

Selección del lote

El paso inicial para el establecimiento y un desarrollo exitoso del cultivo es una adecuada selección del lote de terreno. Es necesario que él cumpla con los requerimientos climáticos y edáficos, además de contar con una topografía adecuada. Por lo anterior, hay que tener en cuenta que:

- La topografía más recomendada es la plana o la ondulada, con pendientes inferiores al 30 %, pues la siembra en pendientes superiores dificulta el manejo y presenta problemas de erosión y lavado de nutrientes.
- Exista agua de riego con las características de calidad incluidas en la normatividad nacional. De la misma manera, si el producto se va a exportar, revisar que dichas condiciones sean aptas en el país de destino.
- La ubicación del lote debe permitir el fácil transporte de insumos y el desplazamiento del producto a los centros de comercialización.

No es recomendable establecer siembras en terrenos nuevos, donde no se haya sembrado un cultivo colonizador —como fríjol, papa o maíz u otra hortaliza—, que permita acondicionar el terreno y aprovechar los residuos de nutrientes del cultivo anterior (Jaramillo y Díaz 2006; Flórez et al. 2010).

Análisis de suelo

Antes de iniciar con el establecimiento del cultivo se recomienda evaluar el grado de fertilidad del suelo mediante un análisis de suelos. Esta es una herramienta que se utiliza como referencia, ya sea para determinar deficiencias y necesidades de fertilización, o para monitorear la evolución de la disponibilidad de nutrientes en el suelo. Ayuda a que se haga un uso correcto tanto de fertilizantes químicos y orgánicos, como también de la incorporación de la enmienda (Instituto... 1992). El análisis de suelo no es una actividad implementada en el sistema de producción de

brócoli, ya que el 75 % de los productores del oriente y norte antioqueños no lo realizan, por diferentes factores como el desconocimiento sobre la manera de tomar las muestras, la falta de información sobre disponibilidad de laboratorios que realicen los análisis y el costo de los mismos.

Toma de muestras

De la buena calidad de las muestras tomadas depende el buen análisis de los resultados, puesto que la muestra enviada al laboratorio (0,5 a 1,0 kg) definirá las cantidades y elementos que requiere el suelo, para ofrecer las mejores condiciones al cultivo. De manera breve se describen los pasos que se deben seguir para tomar una muestra de suelo para posterior envío al laboratorio de análisis (Instituto... 1992):

- Definir el lote donde se tomará la muestra de suelo.
- Recorrer ese terreno en zigzag, procurando tomar submuestras a lo ancho y largo de todo el terreno. La recolección se realiza con pala (figura 36) o barreno y se deposita en un balde limpio, previamente desinfectado, sin que se hayan utilizado sustancias cloradas.



Figura 36. Recolección con pala de muestra de suelo.

Foto: Miryam Guzmán

- Limpiar la superficie del terreno (dos primeros centímetros de la capa superficial de la tierra); luego introducir la pala o palín hasta una profundidad de 20 o 30 cm y extraer una porción de suelo (figura 37), la cual será depositada en el balde.



Figura 37. Recolección de porción de suelo para muestra.

Foto: Miryam Guzmán

- Luego de tener todas las submuestras en el balde (15 a 20) (figura 38), se mezclan para homogenizar la muestra de suelo. De lo recolectado se toma un kilogramo que será la muestra final para laboratorio (Instituto... 1992).



Figura 38. Recolección de muestras en balde.

Foto: Miryam Guzmán

- Por último, empacar la muestra en una bolsa plástica limpia (figura 39). Se debe etiquetar o marcar con datos de identificación como: nombre del propietario, nombre de la finca, ubicación geográfica, número de muestra y lote, y superficie que representa. También se incluye e información complementaria como: pendiente del terreno, riesgo de encharcamiento, color del suelo, tipo de vegetación, cultivo anterior, rendimiento obtenido, cultivo para el que se solicita,

disponibilidad de residuos, tipo de fertilizantes usados, si se aplicó o no cal y su forma y época de aplicación.



Figura 39. Empaque de muestras en bolsa.
Foto: Miryam Guzmán

La frecuencia de muestreo debe hacerse cada ciclo o cada año como mínimo; con dos a tres meses de anticipación a la siembra (Muñoz 1995; Jaramillo et al. 2007).

Preparación del terreno

La preparación del terreno es un aspecto fundamental para el buen desarrollo del cultivo. Para efectuarla de buena manera, se deben tener en cuenta las características químicas y físicas del suelo, aplicar técnicas adecuadas con un manejo conservacionista, emplear la maquinaria e implementos agrícolas apropiados, las labores adecuadas, y determinar la profundidad de trabajo según el tipo de suelo y el cultivo que se va a establecer (Murcia 2012).

De igual forma, todas las prácticas de manejo deben estar orientadas a mantener y mejorar las condiciones del suelo; conservar los horizontes, la materia orgánica, el balance de los nutrientes y la riqueza de los microorganismos benéficos; además, es necesario evitar la compactación y erosión causada por el uso excesivo de maquinaria agrícola y los problemas con el comportamiento del agua en el terreno (Jaramillo et al. 2013).

De una buena preparación del suelo depende en gran medida una buena producción. Sin embargo, existen varias causas de degradación del suelo; entre las principales están: establecimiento de cultivos en suelos no aptos para tal fin, compactación del suelo debido a la ocurrencia de inundaciones, empleo de sistemas convencionales de labranza, explotaciones agrícolas intensivas en monocultivo, manejo inadecuado de la fertilización, invasión de arvenses debido a la implementación de inadecuadas prácticas de manejo que incrementan su propagación.

Lo anterior indica que se deben establecer programas para prevenir la erosión de los suelos mediante prácticas como coberturas nobles, sistemas de drenajes, labranza mínima y manejo de curvas a nivel para siembras en ladera (Herrera et al. 2006)

Cuando hay extensiones grandes, para la preparación de suelo es recomendable el uso del tractor (figura 40), y en las áreas más pequeñas y suelos que han sido trabajados con anterioridad, se puede utilizar monocultor. Se recomienda el empleo de herramientas o utensilios de uso manual como azadones y palas. Si es necesario recurrir a maquinaria agrícola, se debe tener conocimiento del número mínimo de pases y utilizar únicamente los necesarios para una óptima preparación del suelo.

Es importante señalar que el 79,13 % de los productores del oriente y norte de Antioquia lleva a cabo la preparación del terreno de forma manual, debido a la topografía y extensión de los plantíos, y tan solo el 21,88 % utiliza maquinaria como motoarado para la preparación (Corporación... 2014)



Figura 40. Preparación del terreno con tractor.
Foto: Miryam Guzmán

El primer paso de la preparación del terreno consiste en la nivelación del mismo, especialmente en zonas con tendencia al encharcamiento. En terrenos enmalezados es recomendable realizar una guadañada superficial e incorporar con un pase de rastrillo, con el fin de aportar nutrientes al suelo por el proceso de descomposición de las malezas. Esta labor debe efectuarse con un mes de anticipación del trasplante.

Una semana después, se pueden hacer uno o dos pases de arado de cincel para romper terrones grandes y nivelar el suelo. Las prácticas de la preparación se deben hacer a una profundidad de 25 a 30 cm, porque el brócoli posee un sistema radical bastante superficial (Herrera et al. 2006; Flórez et al. 2012). Por último, se procede a la construcción de los surcos o eras, de acuerdo con el sistema de siembra utilizado, el tipo de suelo y a las condiciones climáticas.

Sistemas de siembra

Según las encuestas realizadas para la toma de tecnologías locales de producción en los principales municipios productores del departamento, se encontró que actualmente se manejan dos tipos de sistemas de siembra para producción de brócoli: por surcos (surco doble) y por camas o eras, los cuales se utilizan de acuerdo con las condiciones geográficas predominantes en los lotes, por tradición o continuidad ancestral, o por la facilidad de las labores de adecuación del lote.

Sistema de siembra en surcos

Los sistemas más utilizados por los productores, en especial en zonas de ladera, es el de siembra por surcos, que pueden ser a surco sencillo o a surco doble.

Sistema de siembra en surco sencillo

En este sistema se manejan distancias promedio de 0,40 a 0,50 m entre plantas y 0,4 a 0,50 m entre surcos. Es un método muy utilizado en zonas planas, con buen drenaje de aguas. Su desventaja es que limita las labores culturales, ya que prácticamente se cierran las calles para circular. Como ventaja se obtiene mayor densidad de plantas por unidad de área y menor control de malezas, ya que la competencia de las plantas una vez desarrolladas impide el crecimiento de las mismas (figura 41).



Figura 41. Siembra de brócoli en surco sencillo.
Foto: Jorge Jaramillo

Sistema de siembra en surco doble

En esta técnica se manejan distancias promedio de 0,40 a 0,50 m entre plantas y 0,80 a 1,0 m, aproximadamente, entre surcos (figura 42). Su ventaja es que facilita las labores que se realizan en el cultivo y favorece la aireación en épocas de alta humedad relativa, lo que disminuye el ataque de enfermedades; igualmente simplifica la adopción de sistemas de riego por goteo, para un uso más eficiente del agua y de los nutrientes, aunque, por lo general, tal riego se diseña a favor de la pendiente.



Figura 42. Sistema de siembra por surco doble.
Foto: Jorge Jaramillo

Sistema de siembra por camas o eras

Este modelo de producción se destaca por el potencial de conservación del suelo que alcanza, ya que no genera gran erosión, protege y, al preservar, evita la pérdida de nutrientes. Por otra parte, genera comodidad al productor para desarrollar las actividades de siembra, mantenimiento y cosecha. Como desventaja está el incremento de costos por labores adicionales en la construcción de las camas. El sistema consta de camas o eras de aproximadamente 1,20 m de ancho por el largo del lote, con una distancia de siembra de 0,30 m entre plantas y de 0,40 m entre surcos, y una altura de 20 a 30 cm. Este sistema es más recomendado para zonas planas, con problemas de drenaje (figura 43).



Figura 43. Construcción de camas para el cultivo de brócoli.
Foto: Orlando Arguello

La incorporación de enmiendas o abonos orgánicos se realizan de acuerdo con los resultados del análisis de suelo (Jaramillo et al. 2007). Antes de realizar el trasplante, y según las recomendaciones de un agrónomo en concordancia con los resultados del análisis de suelo, es conveniente la aplicación de cal (figura 44) para correcciones de pH. Debe hacerse de cuatro a seis semanas antes de la siembra, porque la cal reacciona lentamente con el suelo, y hay que asegurarse de que sea mezclada de manera uniforme (Jaramillo et al. 2007).



Figura 44. Aplicación de cal.
Foto: Jorge Jaramillo

De igual forma y, siempre y cuando lo indiquen los resultados del análisis de suelo, es importante la aplicación de materia orgánica (gallinaza) (figura 45), correctivos o nutrientes. En caso de optar por la materia orgánica, esta debe estar totalmente compostada para evitar que la descomposición queme las plantas y hay que aplicarla antes de la siembra. En relación con lo anterior, los productores de brócoli del oriente y norte de Antioquia refieren en un 100 % efectuar la aplicación de cal y materia orgánica antes de la siembra, sin tener en cuenta los resultados de un análisis de suelos, sólo basados en la experiencia empírica y en una tradición cultural. Cabe resaltar la importancia de la obtención de muestras para análisis de suelos y la interpretación de los mismos en lo atinente a la toma de decisiones sobre la aplicación de correctivos o enmiendas, para no caer en errores de excesos o defectos con respecto a las necesidades del cultivo, además de evitar incidir en el deterioro del suelo y hasta en los costos de producción.



Figura 45. Aplicación de materia orgánica.
Foto: Jorge Jaramillo

Programación de siembras

La producción continua permite a los agricultores una mejor productividad; además, es requisito para acceder a mercados especializados. Se logra cuando se realizan siembras escalonadas durante todo el año para obtener cosechas semanales del cultivo (tabla 4). Se debe considerar el periodo vegetativo de la especie y variedad elegida, los rendimientos por unidad de área y los volúmenes de demanda del mercado. Con base en estos elementos, se pueden realizar programación de siembras semanales (Herrera 2002).

Para lograr un sistema de siembra escalonada, se divide el área disponible en un número de lotes igual al número de semanas del ciclo vegetativo del cultivo. Cada semana se va sembrando un lote, de tal manera que cuando se termine de sembrar el último, en el primero la hortaliza ya está lista para ser cosechada. Luego, todas las semanas se va cosechando el lote correspondiente y en la misma semana son sembradas nuevamente (Herrera 2002). También es necesario conocer el calendario de siembras y cosechas del país para realizar un estudio de cuáles son las épocas de mayor abundancia o de gran escasez del brócoli para una mejor planeación de la siembra (figura 46) (Herrera et al. 2002)

Tabla 4. Ejemplo de programación de siembra para un híbrido Legacy, evaluado en condiciones de Corpoica La Selva para un ciclo de diez semanas

	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10
Ciclo 1	Siembra plántula	Estado juvenil	Emergencia floral	Formación de cabeza	Cosecha	Siembra plántula	Estado juvenil	Emergencia floral	Formación de cabeza	Cosecha
Ciclo 2	Siembra plántula	Estado juvenil	Emergencia floral	Formación de cabeza	Cosecha	Siembra plántula	Estado juvenil	Emergencia floral	Formación de cabeza	Cosecha
Ciclo 3	Siembra plántula	Estado juvenil	Emergencia floral	Formación de cabeza	Cosecha	Siembra plántula	Estado juvenil	Emergencia floral	Formación de cabeza	Cosecha
Ciclo 4	Siembra plántula	Estado juvenil	Emergencia floral	Formación de cabeza	Cosecha	Siembra plántula	Estado juvenil	Emergencia floral	Formación de cabeza	Cosecha
Ciclo 5	Siembra plántula	Estado juvenil	Emergencia floral	Formación de cabeza	Cosecha	Siembra plántula	Estado juvenil	Emergencia floral	Formación de cabeza	Cosecha
Ciclo 6	Siembra plántula	Estado juvenil	Emergencia floral	Formación de cabeza	Cosecha	Siembra plántula	Estado juvenil	Emergencia floral	Formación de cabeza	Cosecha
Ciclo 7	Siembra plántula	Estado juvenil	Emergencia floral	Formación de cabeza	Cosecha	Siembra plántula	Estado juvenil	Emergencia floral	Formación de cabeza	Cosecha
Ciclo 8	Siembra plántula	Estado juvenil	Emergencia floral	Formación de cabeza	Cosecha	Siembra plántula	Estado juvenil	Emergencia floral	Formación de cabeza	Cosecha
Ciclo 9	Siembra plántula	Estado juvenil	Emergencia floral	Formación de cabeza	Cosecha	Siembra plántula	Estado juvenil	Emergencia floral	Formación de cabeza	Cosecha
Ciclo 10	Siembra plántula	Estado juvenil	Emergencia floral	Formación de cabeza	Cosecha	Siembra plántula	Estado juvenil	Emergencia floral	Formación de cabeza	Cosecha

Convenciones:

Siembra plántula:

Estado juvenil:

Emergencia floral:

Formación de cabeza:

Cosecha:



Fuente: Adaptado de Herrera 2002

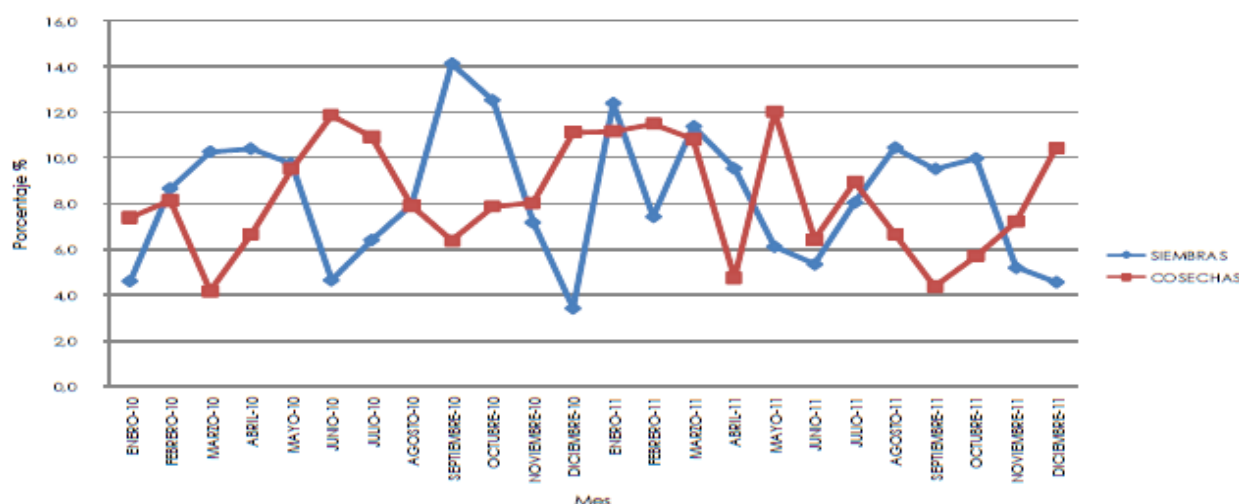


Figura 46. Calendario nacional de siembras y cosechas de brócoli 2010-2011.
Fuente: Ministerio... 2011

Distancias de siembra

En el oriente y norte de Antioquia, el brócoli se puede sembrar en cualquier época del año, siempre y cuando se disponga de riego oportuno y se tengan suelos con buen drenaje. La planta no resiste épocas prolongadas de sequía mayores a ocho o diez días.

La distancia entre plantas varía por factores como la arquitectura de ellas, variedad o híbrido empleado, pendiente del terreno, condiciones físicas y de fertilidad del suelo, humedad relativa y luminosidad, entre otros. De igual manera, se deben tener en cuenta las exigencias del mercado, en cuanto al tamaño y peso de las cabezas o pellas.

Otro factor es que a menores distancias se obtienen productos de menor peso y tamaño, pero en mayor número, con lo que se logra un mayor rendimiento por hectárea. Las distancias de siembra para las condiciones del oriente antioqueño (tabla 5), principal zona productora de esta especie en el departamento, son de 0,40 m entre plantas y 0,50 m entre surcos, en promedio. En terrenos planos las eras son de 1,20 m de ancho, sembrando tres a cuatro surcos por era (figura 47) —en la Sabana de Bogotá es común encontrar cuatro surcos en suelos planos, densidades de 0,30 x 0,40 m, con una población de 66.700 plantas/ha—. En terrenos en pendiente se

siembran dos surcos y se dejan 0,50 m entre calles para facilidad de manejo (Jaramillo y Díaz 2006). En suelos planos, es importante tener muy en cuenta la construcción de drenajes para evitar encharcamientos y, en suelos en pendiente, construir los surcos en curvas a nivel, para evitar la erosión.

Tabla 5. Distancias de siembra recomendadas para el cultivo de brócoli

Especie	Distancia entre plantas (m)	Distancia entre surcos (m)	Plantas por m ²	Plantas por hectárea
Brócoli	0,35	0,50	5,71	57.142
	0,40	0,50	5	50.000

Fuente: Adaptado de Jaramillo y Díaz 2006



Figura 47. Siembra de era de brócoli a cuatro surcos.

Foto: Orlando Arguello

Trasplante

El brócoli es una especie de fácil trasplante por la resistencia que presentan las plántulas a condiciones de estrés en el campo. Es de anotar que la planta al momento del trasplante debe ser de excelente calidad, compacta, de tallo robusto y recto, sin daños de plagas y enfermedades, con buen sistema de raíces, con una altura de 10 a 12 cm y debe tener de tres a cuatro hojas verdaderas. La edad adecuada para el trasplante es de cuatro semanas (Bonilla et al. 2011) (figura 48).



Figura 48. Plántula lista para el trasplante.
Foto: Jorge Jaramillo

La extracción de las plántulas de las bandejas se debe realizar con mucha precaución. Para efectuar el proceso, hay que regar el semillero con el fin de ablandar el terreno para que la operación se pueda ejecutar con mayor facilidad, sin que sufran las raíces roturas excesivas (figura 49). También es recomendable no trasplantar en horas de calor y tener presente que las plántulas no deben estar más de cinco o seis horas por fuera de las bandejas; durante ese lapso, deben permanecer en un lugar fresco y sombreado (Jaramillo et al. 2006)

Previo al trasplante, se recomienda aplicar riego al suelo a capacidad de campo en los primeros 10 cm y marcar el sitio donde se va a sembrar, según la densidad deseada. Las plántulas se transportarán debidamente hidratadas en las bandejas al campo. Antes de la siembra se desechan las que no cumplen con los requisitos de calidad, como aquellas con síntomas de enfermedades, sin el tamaño adecuado de trasplante, las cloróticas, las que tengan deficiencias nutricionales, plantas ahiladas, con tallo débil o que no tengan las tres hojas verdaderas bien formadas.



Figura 49. Riego en semillero.

Foto: Jorge Jaramillo

Las plantas que se van a trasplantar se retiran de las bandejas con delicadeza y se entierran, cuidando de que queden derechas y que el punto de crecimiento esté libre del suelo (figura 50 y 51); después de ese proceso, lo indicado es regar ligeramente para mantener las plántulas hidratadas (Flórez et al. 2010).



Figura 50. Siembra de brócoli en campo.

Foto: Jorge Jaramillo



Figura 51. Plántula de brócoli recién sembrada.
Foto: Carolina Valencia

Es ideal realizar rotación de los cultivos para reducir y prevenir problemas fitosanitarios (tabla 6). La rotación consiste en evitar la siembra de un cultivo siempre en el mismo sitio. Esto permite, por una parte, disminuir los ataques de insectos, plagas y enfermedades que afectan a los plantíos y, por otra, mantener la fertilidad de los suelos, dado que cada vegetal tiene su propio y diferente requerimiento nutricional, lo que evita el agotamiento de determinados nutrientes cuando se siembra el mismo constantemente (Jaramillo y Ríos 2007).

Tabla 6. Plan de rotación de cultivo de hortalizas, durante un año de producción

Primer ciclo	Segundo ciclo	Tercer ciclo
Crucíferas (Brócoli, coliflor, repollo, col de Bruselas, col china, col)	Zanahoria, remolacha, rábano, papa	Lechuga, apio, perejil, acelga, cilantro, cebolla, puerro, espinaca
Habichuela, frijol, arveja	Crucíferas	Zanahoria, remolacha, rábano, papa
Zanahoria, remolacha, rábano, papa	Lechuga, apio, perejil, acelga, cilantro, cebolla, puerro, espinaca	Crucíferas
Lechuga, apio, perejil, acelga, cilantro, cebolla, puerro, espinaca	Habichuela, frijol, arveja	Zanahoria, remolacha, rábano, papa

Fuente: Jaramillo y Ríos 2007

Trabajar siempre el monocultivo de una especie lleva a la disminución de la producción, si se compara con la producción de una misma especie en rotación (Jaramillo y Ríos 2007).

Capítulo V Prácticas culturales

Jorge Jaramillo Noreña
Carolina Valencia
Paula Andrea Aguilar

Las prácticas culturales son todas aquellas labores que se realizan en el cultivo con el fin de garantizar unas condiciones de producción óptimas. Al ser ejecutadas oportunamente y de manera correcta conducen al buen desarrollo del cultivo.

Riego

El agua, es uno de los recursos naturales más importantes, para la industria producción mundial de alimentos, por su incidencia en la producción y baja disponibilidad actual, por diversos procesos ambientales, se debe utilizar de manera eficiente y considerar su gran valor productivo, su manejo debe apuntar al buen uso y conservación del recurso (Herrera et al. 2006).

Requerimientos de agua en el cultivo

El riego es una actividad humana que consiste en aplicar agua al suelo cuando las condiciones naturales no son capaces de satisfacer la demanda hídrica de los cultivos. Busca suministrar agua de forma oportuna, suficiente, uniforme y eficiente al terreno. En adición, repone el agua que las plantas han consumido durante un tiempo debido a procesos fisiológicos o factores ambientales, como la evaporación y la transpiración. Este último factor también contribuye a disminuir la temperatura de la planta; los estomas se mantienen abiertos para permitir la absorción del dióxido de carbono (CO₂) necesario para la fotosíntesis. Finalmente, el riego busca crear un ambiente adecuado en la zona radical para que las raíces brinden una máxima producción (Centro... 1990; Jaramillo et al. 2013).

Un buen riego es aquel que moja adecuadamente el perfil del suelo donde se encuentra casi la totalidad de las raíces de una planta. Debe ser aplicado cuando la

planta lo requiera, de acuerdo con el periodo en días que se deja entre dos riegos y al agotamiento de agua en el suelo (Jaramillo et al. 2013). Las plantas absorben el agua por las raíces, junto con los minerales disueltos que ella contiene. Utilizan el agua en la fabricación de carbohidratos durante la fotosíntesis, los cuales se usan para la formación de nuevos tejidos, para el llenado de los frutos y para el transporte interno de los nutrimentos y fitohormonas (Centro... 1990).

El sistema de riego se define a partir de los requerimientos del cultivo. Se elige según las características del suelo, las condiciones climáticas de la región, la etapa fenológica del cultivo y la calidad de las fuentes de agua disponibles (Flórez et al. 2010). Del mismo modo, depende del nivel tecnológico y económico que posea el productor. Lo más importante es minimizar el contacto entre el agua y la parte comestible de la planta (cuanto más contacto haya entre el agua y el brócoli, mayor será la necesidad de mejorar la calidad microbiológica del agua) (Herrera et al. 2006). No se conocen exactamente las necesidades hídricas del cultivo brócoli en Colombia, sin embargo, si se tiene presente que la etapa fenológica de mayor demanda de agua es la época de formación de cabeza, un déficit en ese momento, causaría reducciones en los rendimientos.

Asimismo, un exceso en días previos al inicio de la cosecha, podría ocasionar apertura de flores. Entre 30 y 50 días después del trasplante (DDT) hay un incremento gradual en el coeficiente de desarrollo del cultivo, ya que se desarrolla entre el 60 y 70 % del follaje, que se expresa en aumento de requerimientos hídricos (Villalobos-Reyes et al. 2005); después de los 50 DDT (época de formación de la pella), se incrementa notoriamente el coeficiente de desarrollo hasta el momento de la cosecha. En los últimos diez días del ciclo de cultivo se produce una reducción del consumo de agua debido a la eliminación de la pella durante la cosecha.

Se debe evitar que las plantas sean sometidas a un estrés hídrico o a excesos de humedad. Cualquiera de las dos situaciones repercutirá directamente en la producción y en los aspectos sanitarios de las plantas (Herrera et al. 2002; et al. 2006). En muchas zonas del país, el riego se realiza deficientemente, con base en la tradición, experiencia o criterio de los agricultores. El 87,5 % de los productores del oriente y norte de Antioquia lo aplican cuando se encuentran en épocas de verano prolongados. Esa práctica, sumada a otra serie de circunstancias, muestra una tendencia a utilizar mayores cantidades de las necesarias o, por el contrario, a regar insuficientemente,

hecho que obedece al desconocimiento de las necesidades hídricas del cultivo por parte de técnicos y productores.

En el mercado existen diferentes herramientas para estimar la cantidad de agua contenida en el suelo. El tensiómetro es uno de los más utilizados; mide la fuerza de succión que tienen que ejercer las raíces para absorber el agua del suelo. Son varios los métodos con los cuales se puede medir la retención de humedad del suelo, su elección se basa en la tecnología que se pueden adaptar a cada cultivo. Los más utilizados son:

Tacto y apariencia

Este método es uno de los más antiguamente utilizados. A través de una inspección visual y táctil se estiman los contenidos de humedad del suelo al que se le realiza el muestreo. Estima cuánto y cuándo regar de acuerdo con la percepción y la apariencia. Es una técnica rápida y simple, además puede ser muy exacta siempre y cuando la realice una persona experimentada; permite tomar gran cantidad de muestras en un tiempo muy corto y analizar la totalidad el campo. En la tabla 7 se indica cómo ocurre la extracción de la humedad utilizable del terreno y la que, en consecuencia, se debe agregar durante el riego (Seidl s. f.)

Tabla 7. Parámetros para la determinación de humedad del suelo

Falta de humedad	Textura gruesa	Textura gruesa moderada	Textura media	Textura fina o muy fina
% capacidad de campo	Cuando se comprime no sale agua de la porción de terreno, pero queda una huella húmeda de la pella de tierra en la mano.	Cuando se comprime no sale agua de la porción de terreno, pero queda una huella húmeda de la pella de tierra en la mano.	Cuando se comprime no sale agua de la porción de terreno, pero queda una huella húmeda de la pella de tierra en la mano.	Cuando se comprime no sale agua de la porción de terreno, pero queda una huella húmeda de la pella de tierra en la mano.
cm/m	0,0	0,0	0,0	0,0
0 – 25%	Tendencia a aglomerarse, o bien ligeramente, a veces y bajo presión, permite la formación de una bolita que se disgrega con facilidad.	Se puede tornar una bolita con dificultad, pero se rompe con facilidad y no es untuosa, es decir, no se adhiere a la mano.	Se puede formar una bolita que se moldea fácilmente y es muy untuosa si hay un contenido relativamente alto de arcilla.	Con facilidad se forma cilindro cuando se amasa y es untuosa al tacto.
cm/m	0,0 a 1,7	0,3 a 3,4	0,0 a 4,2	0,0 a 5,0
25 – 50%	Seca en apariencia; no se puede formar una bolita si se amasa.	Se puede llegar a formar una bolita bajo	Se puede llegar a formar una bolita bajo presión,	Se forma una bolita o pequeño cilindro

		presión, pero no suele mantenerse compacta.	pero no suele mantenerse compacta.	cuando se amasa entre el pulgar y el índice.
cm/m	1,7 a 4,2	3,4 a 6,7	3,4 a 6,7	5,0 a 10,0
50 – 75%	Se forma una bolita o pequeño cilindro cuando se amasa entre el pulgar y el índice.	Seca en apariencia; no puede formarse una bolita al emplear únicamente la presión.	Amigajada, pero se mantiene relativamente compacta cuando se le somete a presión.	Relativamente moldeable, forma una bolita cuando presiona un poco de terreno.
cm/m	5,0 a 10,0	6,7 a 10	8,3 a 12,5	10,0 a 15,8
75 – 100%	Seca, suelo en granos; se disgrega entre los dedos	Seca, suelo suelto; se disgrega entre los dedos.	Suelo polvoriento, seco. A veces, se encuentra en pequeñas costras que se reducen a polvo al romperlas.	Suelo duro, muy seco, apretado; tiene costras que se disgregan en la superficie.
cm/m	6,7 a 8,3	10,0 a 12,5	12,5 a 16,7	15,8 a 20,8

Fuente: Ross y Hardy 1997

Método gravimétrico

Con este método se determina la humedad del suelo según a la diferencia existente entre el peso de la muestra de suelo húmedo y la de seco. La muestra se recoge y pesa fresca; luego se seca en un horno a 105 °C por 24 horas para que pierda toda la humedad y, finalmente, se pesa la muestra seca y se calcula la diferencia con la siguiente fórmula:

$$W = M_w / M_s$$

Donde W es el contenido de humedad del suelo; M_w es la masa de agua en la muestra de suelo y M_s es la muestra de suelo secada al horno (Arango 1998).

Tensiómetro

Es un equipo que responde a cambios en la tensión del agua del suelo con lo que se determinan la humedad allí presente, los cambios que se denotan por causa del agua sustraída o incorporada, el efecto de la absorción radicular, la evaporación, las precipitaciones, y se puede medir y calcular riego (Arango 1998). El tensiómetro consta de un tubo lleno de agua, una cápsula de cerámica porosa en un extremo y un manómetro o medidor de vacío en el otro extremo. El tubo se instala en el suelo y se coloca la punta de la cerámica a la profundidad que se desea medir la humedad (figura 52) (Fuentes 1991). Los tensiómetros poseen dos métodos de medición de la

cantidad de humedad. Uno es el manómetro mercurial, que determina la cantidad mediante la altura que alcanza el mercurio en un tubo capilar. El otro es un reloj de vacío (vacuómetro) que posee una capsula de porcelana porosa, que lleva a un tubo conector hermético donde se lee la medición; este último, a su vez, conecta ambas partes con un tubo lleno de agua que une los dos elementos y mide la saturación de humedad del suelo (Arango 1998).



Figura 52. Tensiómetro de suelos.

Foto: Jorge Jaramillo y Lida Yaneth Ramírez

El funcionamiento de ambos tensiómetros es sencillo. El agua contenida en el cilindro del aparato ubicado en el suelo a la profundidad deseada, se mueve a través del bloque poroso hasta alcanzar el equilibrio. La variación generada en la tensión por la pérdida de humedad del suelo se puede leer en el manómetro. Con escasez de agua, se aumenta la tensión en el suelo y, cuando se aumenta el contenido de agua, se reduce la tensión y la lectura del tensiómetro es menor (Fuentes 1991). El medidor se debe leer diariamente, a una hora fija, preferiblemente por la mañana. Es necesario llevar un registro que permita sacar conclusiones para el manejo de la irrigación. La interpretación se realiza de la siguiente manera:

La unidad de medida que se utiliza es el hectopascal (hPa): $1 \text{ hPa} = 1 \text{ mbar} = \text{columna de agua de } 1 \text{ cm}$. Los valores numéricos arrojados por el tensiómetro muestran en qué porcentaje la humedad se encuentra en el suelo para así determinar las necesidades de riego. En la tabla 8 se muestran los rangos que se manejan (Montenegro y Malagón, 1990).

- De 0 a 10: Indica suelo saturado. Se da después de un riego.
- De 10 a 20: Indica que el suelo está a la capacidad de campo. Es la lectura que se debe mantener en riego por goteo.
- De 30-60: Humedad útil pero escasa para el riego por goteo.
- Superior a 70: Las plantas no disponen de toda el agua necesaria para su crecimiento (Jaramillo et al. 2013).

Tabla 8. Rangos del tensiómetro y sus significados

Lectura tensiómetro	Significado
0-5	El suelo se encuentra muy húmedo para el cultivo.
10-25	Condiciones ideales de agua y aireación. Las lecturas mayores de 25 pueden indicar deficiencias de agua en cultivos sensibles de raíces superficiales y que están en suelos de texturas gruesas.
40-50	Condiciones ideales de agua y aireación. Las lecturas mayores de 25 pueden indicar deficiencias de agua en cultivos sensibles de raíces superficiales y que están en suelos de texturas gruesas.
70 o menos	Adecuada para cultivos con raíces profundas.
80	Adecuada para cultivos con raíces profundas.

Fuente: Montenegro y Malagón 1990

Sistemas de riego usados en el departamento de Antioquia

Las zonas productoras (oriente y norte de Antioquia) de brócoli se caracterizan por tener una adecuada distribución de lluvias durante todo el año; por esta razón, la utilización de riego no ha sido una necesidad para los cultivadores.

El sistema más utilizado es el riego por aspersión, empleado por el 43,76 % de los productores generalmente durante la fase de trasplante y en épocas de verano prolongado. Le siguen el riego con manguera, 6,25 %, y el riego con bomba de espalda, 3,13 %. El riego por goteo no es comúnmente utilizado, pero es el adecuado para la prevención de enfermedades.

Sistema de riego por aspersión

El agua se aplica en forma de lluvia por medio de rociadores o aspersores a presión. Se recomienda el uso aspersores de media pulgada o menor, para evitar causar daños mecánicos a las plantas.

Ventajas:

- El riego por aspersión se adapta a condiciones topográficas diversas, a terrenos irregulares con fuertes pendientes que no pueden regarse por métodos superficiales.
- El regante dispone de una extensa gama de emisores y boquillas, lo cual permite ajustar el ritmo de precipitación a la capacidad de infiltración del suelo, como también la distribución uniforme del agua sobre el terreno, lo cual redundará en gran eficiencia.
- El equipo es sencillo y fácil de operar. Los operarios requieren únicamente un corto periodo de capacitación.
- Medición exacta del volumen de agua aplicada.
- Facilidad para movilizar los equipos, lo que permite el traslado de un campo a otro.
- Los equipos fijos en las parcelas reducen considerablemente la mano de obra requerida.
- Es posible aplicar volúmenes reducidos de agua, con la frecuencia requerida para la germinación de los sembrados, protección contra heladas y control de la humedad ambiental.
- El flujo de agua por un sistema de tuberías cerrado impide que las partículas capaces de obstruir las boquillas penetren en el sistema de conducción.
- Aplicación de fertilizantes conjuntamente con el agua de riego.
- Integración fácil a sistemas de control automático del riego.

Limitaciones:

- Considerable inversión inicial.
- Mayor costo de energía consumida por la presurización del sistema.
- Sensibilidad al viento.
- Pérdidas de agua por evaporación desde la superficie del suelo y desde el follaje, siempre y cuando este se moje durante el riego.
- Mayor posibilidad de aparición de enfermedades al mojar el follaje.
- La acumulación de sales y quemazón de las hojas cuando el follaje se moja.
- El lavado de pesticidas aplicados al follaje.
- La interferencia con las labores de campo, tales como cultivo, aplicación de pesticidas, actividades de cosecha, etc., cuando el riego es de cobertura total.
- El sellado de la superficie del suelo y, como consecuencia, el escurrimiento superficial y la erosión del suelo.
- El derroche de agua más allá de los límites de la parcela (Jaramillo y Díaz 2006).

Calidad del agua de riego

Referencia	Expresada como	Valor mg/l
Aluminio	Al	5
Arsénico	As	0,1
Berilio	Be	0,1
Cadmio	Cd	0,01
Zinc	Zn	2
Cobalto	Co	0,05
Cobre	Cu	0,2
Cromo	Cr	0,1
Flúor	F	1
Hierro	Fe	5
Litio	Li	2,5
Manganeso	Mn	0,2
Molibdeno	Mo	0,01
Níquel	Ni	0,2
Plomo	Pb	5
Selenio	Se	0,02
Vanadio	V	0,1
Boro	B	0,3-0,4
pH	Unidades	4,5-9

Fuente: Colombia 1984

En el riego de cultivos deben hacerse mediciones al agua sobre las siguientes características:

- Conductividad
- Relación de absorción de sodio (RAS)
- Porcentaje de sodio posible (PSP)
- Sanidad efectiva y potencial
- Carbonato de sodio residual
- Radionucleídos

Por su parte, en el artículo 71 del Decreto 1495 se relaciona con el control de contaminación del agua por el uso de agroquímicos:

- Se prohíbe la aplicación manual de agroquímicos dentro de una franja de tres (3) metros, medida desde todas las orillas de todo cuerpo de agua.
- Se prohíbe la aplicación aérea de agroquímicos dentro de una franja de treinta (30) metros, medida desde las orillas de todo cuerpo de agua.

- La aplicación de agroquímicos en cultivos que demanden áreas anegadas artificialmente requerirá concepto previo del Ministerio de Salud o de la entidad encargada del manejo y la administración del recurso.

En el mismo decreto, en su artículo 130 se establece que todo usuario del recurso hídrico para efectos de vertimiento requiere autorización sanitaria de funcionamiento, expedida por el Ministerio de Salud o por la entidad encargada del manejo y la administración del recurso. Se cobrarán multas a quienes utilicen de forma directa o indirecta los ríos, arroyos, lagos y aguas subterráneas para introducir o arrojar en ellos desechos o desperdicios agrícolas.

Drenajes

Los drenajes son las obras necesarias que se deben construir en una parcela cuando hay excesos de agua en la superficie o dentro del perfil del suelo, con el objetivo de expulsar esos excedentes en el tiempo adecuado y así asegurar un contenido de humedad apropiado para las raíces de las plantas y conseguir su desarrollo óptimo.

Cuando el exceso de agua en el cultivo no es removido de manera oportuna se presenta una asfixia en la planta debido a que el aire es remplazado por el agua. Se evita entonces toda posibilidad de provisión de oxígeno, se afecta la actividad biológica y el mismo suelo. Internamente, se reduce el volumen de suelo disponible para las raíces, por lo que se perjudica la aireación y el desarrollo radicular, lo que disminuye la capacidad de absorción de agua y nutrientes de la mayoría de las plantas (Llerena s. f.).

Objetivos y propósitos esperados del drenaje natural o artificial en un suelo:

- Eliminar el exceso de agua del suelo (superficial o internamente), con el fin de mantener las actividades biológicas indispensables para cumplir los procesos fisiológicos relativos al crecimiento radical.
- Mantener las condiciones de humedad y aireación óptimas en el suelo que garanticen el adecuado crecimiento y desarrollo del cultivo.
- Disminuir niveles freáticos cercanos a la zona de desarrollo radicular de los cultivos.
- Recuperar suelos con problemas de salinidad mediante lixiviación con agua óptima calidad.

- Evitar los impactos negativos ambientales como inundaciones, contaminación de otras fuentes de agua por escorrentía, etc.
- Evitar el desarrollo de enfermedades fungosas (Llerena s. f.).

Básicamente existen dos tipos de drenaje en las explotaciones agrícolas:

Drenaje superficial. Obras o acciones realizadas sobre la superficie del terreno (canales, drenes superficiales, zanjas) para propiciar el escurrimiento por gravedad de los excesos de agua a velocidades que no sean erosivas y no causen problemas de sedimentación; también para desviar el agua que corre hacia la parcela desde los terrenos colindantes más altos (Llerena s. f.).

La carencia de drenaje se identifica por la presencia de una capa o lámina de agua en la superficie del terreno, se forman charcos más o menos aislados. Se presenta en suelos de texturas pesadas, planos o con pendientes menores al 5% y baja permeabilidad, dado que el perfil del suelo está saturado.

Un sistema de drenaje superficial está compuesto por sistema de recolección, sistema de desagüe y sistema de colección (drenes superficiales, colectores) (Llerena s. f.).

Este es el tipo de drenaje más utilizado en el oriente antioqueño.

Los canales, zanjas, bordos y drenes pueden construirse de tres formas:

- Sistema paralelo: en terrenos casi planos con topografía uniforme (figura 53).

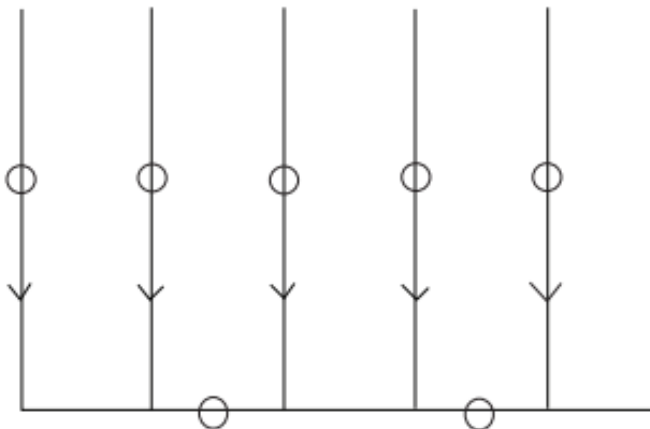


Figura 53. Sistema paralelo.

Fuente: Llerena s. f.

- Espina de pescado: con pendientes cruzadas que siguen el contorno de la pendiente en terrenos moderadamente inclinados de topografía irregular (figura 54).

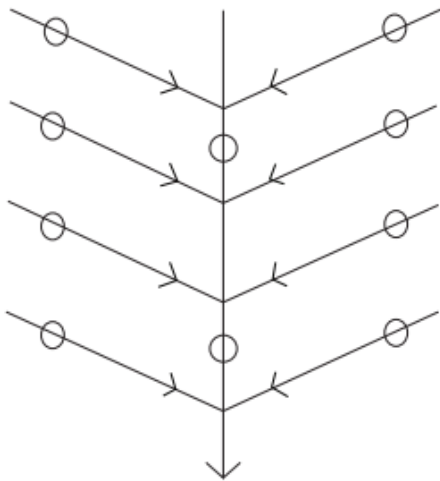


Figura 54. Espina de pescado.

Fuente: Llerena s. f.

- Sistema localizado: dispuesto para drenar las depresiones donde existen encharcamientos en terrenos relativamente planos de topografía ondulada (figura 55).

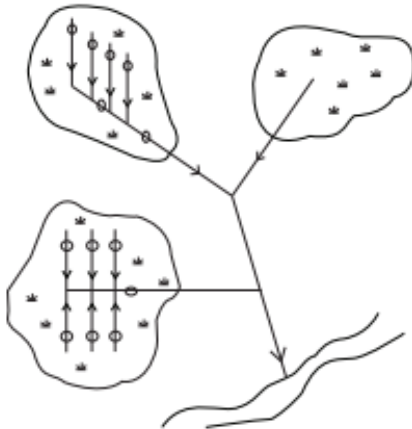


Figura 55. Sistema localizado.

Fuente: Llerena s. f.

Drenaje subterráneo. Son obras que se construyen bajo la superficie del suelo, que permite captar y desalojar excesos de agua provenientes de filtraciones o de niveles freáticos elevados. Incluye drenes interceptores situados perpendicular o transversalmente a las líneas de corriente para recoger los flujos de agua libre y drenes colectores o de desagüe, que se orientan según las líneas de la pendiente para que el agua sea conducida fuera de la parcela. Deben desembocar en drenes superficiales colectores (Llerena s. f.).

Consideraciones para identificar problemas de drenaje. Estabilidad estructural de los diferentes horizontes del perfil del suelo; tipo y permeabilidad del suelo; pendiente del suelo, tipo de agricultura que se va a realizar; origen del agua y cantidad; volúmenes de agua por desalojar, cómo y dónde hacerlo y problemática ocasionada.

Deshierbe y aporque

Los 45 días siguientes al trasplante constituyen la época más crítica para el control de malezas; a veces es necesario realizar dos deshierbes manuales, el primero se realiza entre los 15 y 20 días después del trasplante (al momento que se realiza la primera fertilización química). El segundo, si es necesario, se realiza a los 40 a 50 días después del trasplante (Jaramillo y Díaz 2006).

Control de malezas presiembra

Hoy es posible, gracias a los herbicidas pretrasplante como Goal (Oxifluorfen) (1lt/ha) o Dual (Metolaclor) (1,5 lt/ha), aplicados después de la elaboración de camas, luego del primer riego y antes del trasplante, bajar significativamente los costos de control de malezas, práctica que ya habitual en los grandes cultivadores de la sabana de Bogotá.

Se recomienda aplicar el herbicida cuando no haya lluvias o riego de ellas por lo menos durante las siguientes 24 horas y utilizar un adherente para asegurar su permanencia en el follaje y lograr mayor efectividad en su aplicación en caso de una lluvia repentina. Se deben considerar las precauciones necesarias y establecidas para evitar daño al medio ambiente, tales como la dosificación y preparación de la mezcla

correctamente, leer y entender todo el contenido de la etiqueta, adecuada calibración del equipo de aplicación, utilizar elementos de protección, aplicar en horas en que no haya brisas o corrientes de viento, no lavar el aspersor en fuentes de agua, realizar triple lavado al envase, etc. También es posible la aplicación de herbicidas postrasplante selectivos a brócoli, para el control de hoja angosta como lo es Fusilade (fluazif-p-butil) (1lt/ha) o Select (Clethodim).

Si las malezas no están interfiriendo con el desarrollo del cultivo, se recomienda dejarlas para que sean refugio de los enemigos naturales o actúen como regulador de plagas que afectan el sembrado. Cuando se realicen las deshierbas, se debe tener mucho cuidado porque las raíces del brócoli son muy superficiales y el crecimiento es horizontal. La mayoría de las raíces absorbentes se encuentran en los primeros 5 cm de profundidad en el suelo; cuando las plantas ya alcanzan la mitad de su desarrollo, las raíces de los surcos contiguos se encuentran entrelazadas, por lo cual la labor se debe de hacer con mayor precaución (Jaramillo y Díaz 2006).

El aporque se efectúa después de la fertilización; su función es acercar suelo a la base de la planta con el objetivo de cubrir el fertilizante y darle más apoyo a esta.

El deshierbe, la fertilización y el aporque son prácticas complementarias que cumplen todos los productores y en un 96.88 % de los casos, se ejecutan entre los 20 y 30 días después del trasplante (Corporación... 2014) (figura 56).



Figura 56. Deshierbe, fertilización y aporque en brócoli.

Foto: Carolina Valencia

Manejo de malezas

Las malezas son todas las plantas que se encuentran presentes en un área y en un momento en el que no es deseable. La presencia de estas es un factor negativo y un problema fitosanitario en el cultivo por los daños que ocasionan como la competencia con el cultivo por luz, los nutrientes, el agua y el espacio; pueden ser hospederas de plagas y enfermedades, dificultan la cosecha y limitan el crecimiento de las plántulas trasplantadas.

Ahora bien, no todas las especies que son consideradas arvenses causan daño al cultivo. Muchas son componentes de agroecosistemas porque participan positivamente en la dinámica y la biología de insectos benéficos, porque son fuentes de alimento y cumplen también la función de ser cobertura verde que protege y recupera el suelo de la erosión; no es recomendable que se mantenga el suelo desnudo. El método seleccionado para el manejo integrado de malezas depende del productor, quien debe tener en cuenta la necesidad de preservar los suelos y el medio ambiente (Córdoba 2006). Antes de la implementación de un programa de manejo es importante conocer las principales especies asociadas al cultivo (tablas 10 y 11):

Tabla 9. Principales especies monocotiledóneas asociadas al clima frío moderado

Familia	Nombre común	Nombre científico
Commelinaceae	Siempre viva blanca	<i>Callisia gracilis</i> (Kunth) D. R. Hunt
	Cañita	<i>Tinantia erecta</i> (Jacq.) Schl.
	Siempre viva	<i>Tripogandra serrulata</i> (Vahl.) Hand
Cyperaceae	Coquito	<i>Cyperus esculentus</i> L.
	Cortadera	<i>Cyperus ferax</i> L. C. Rich.
Poaceae (Gramineae)	Braquiaria	<i>Brachiaria decumbens</i> Stapf
	Argentina	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.
	Barba de indio	<i>Echinochloa crus-gavonis</i> (Kunth) Schuld.
	Avenilla	<i>Eragrostis soratensis</i> Jedw.
	Yaragua peludo	<i>Melinis minutiflora</i> Beauv.
	Nudillo	<i>Paspalum candidum</i> (H.B.K.)
	Grama	<i>Paspalum tonduzii</i> Mez.
Kikuyo	<i>Pennisetum clandestinum</i> Hochst	
Juncaceae	Junco	<i>Juncus microcephalus</i> Kunth
Liliaceae	Cebolleta	<i>Nothoscordum gracile</i> (Aiton) Stearn
Iridaceae	Espartillo	<i>Sisyrinchium bogotense</i> H.B.K.

Fuente: Córdoba 2006

Tabla 10. Principales especies dicotiledóneas asociadas al clima frío moderado

Familia	Nombre común	Nombre científico
Polygonaceae	Barbasco blanco	<i>Polygonum punctatum</i> Elliot
	Barbasco morado	<i>Polygonum nepalense</i> Meisn
	Gualalo	<i>Polygonum segetum</i> Kunth
	Racemosa	<i>Rumex obtusifolius</i> L.
Amaranthaceae	Bledo liso	<i>Amaranthus dubius</i> Mart. Ex Thell
Phytolaccaceae	Cargamanta	<i>Phytolacca icosandra</i> L.
	Altasara	<i>Phytolacca bogotensis</i> Kunth
Portulacaceae	Verdolaga	<i>Portulaca oleracea</i> L.
Caryophyllaceae	Arenaria	<i>Arenaria lanuginosa</i> (Michx.) Roba.
	Golondrina	<i>Drymaria cordata</i> L.
	Cilantrillo	<i>Spergula arvensis</i> L.
Polygalaceae	Mentolín	<i>Polygala paniculata</i> L.
	Azulina	<i>Monnina angustata</i> Triana & Planchon
Malvaceae	Falsa Malva	<i>Tarasa</i> sp.
Euphorbiaceae	Balsilla	<i>Phyllanthus niruri</i> L.
Oxalidaceae	Acedera	<i>Oxalis corniculata</i> L.
	Acedera rosada	<i>Oxalis latifolia</i> Kunth
Rutaceae	Ruda de Castilla	<i>Ruta chalepensis</i> L.
Rosaceae	Mora	<i>Rubus glaucus</i> Benth
	Mora	<i>Rubus macrocarpus</i> Benth
Fabaceae	Amor seco	<i>Desmodium intortum</i> (Miller) Urban
	Trébol blanco	<i>Trifolium repens</i> L.
	Frisol de vaca	<i>Vigna luteola</i> (Jacq.) Benth.
	Alverjilla	<i>Zornia diphylla</i> (L.) Pers
Brassicaceae	Agrión	<i>Cardamine flaccida</i> Cham. & Schtdl
	Mastuerzo	<i>Lepidium costarricense</i> Thell.
Asteraceae (Compositae)	Ajenjo	<i>Absinthium vulgare</i> Lam.
	Botón de oro	<i>Acmella mutisii</i> (H.B.K.) Cassini
	Manrubio	<i>Ageratum conyzoides</i> L.
	Falso piretro	<i>Artemisia vulgaris</i> L.
	Amor seco	<i>Bidens pilosa</i> L.
	Venadillo	<i>Coniiza bonariensis</i> (L.) Cronquist
	Árnica macho	<i>Erechties valerianajolius</i> (link, S.) DC.
	Guasca	<i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav
	Camomila	<i>Matricaria recutita</i> L.
	Botón de oro	<i>Sigesbeckia jorullensis</i> H.B.K.
	Tajetes	<i>Tegetes pusilla</i> (H.B.K.)
Botón de oro	<i>Wedelia fruticosa</i>	
Rubiaceae	Comida de culebra	<i>Galium hypocarpium</i> (L.) ex. Grisebach
	Botoncillo	<i>Spermacoce assurgens</i> R. & P.
Plantaginaceae	Llantén peludo	<i>Plantago australis</i> Lam.
	Llantén liso	<i>Plantago major</i> L.
Solanaceae	Hierba mora	<i>Solanum americanum</i> Mill.

	Frutillo, fregaplatos, tomate de monte	<i>Solanum aturense</i> Dunal
	Tomate silvestre	<i>Solanum andigenum</i> Tuz Buk
<i>Scrophulariaceae</i>	San Juan	<i>Castilleja arvensis</i> Schl. & Cham
	Azulita	<i>Veronica persica</i> Poir.
<i>Lamiaceae</i>	Mastranto	<i>Hyptis personata</i> (L.) Poit
<i>Verbenaceae</i>	Venturosa	<i>Lantana moritziana</i> L.
	Verbena blanca	<i>Verbena litoralis</i> Kunth
<i>Convolvulaceae</i>	Barbasco	<i>Cuscuta americana-congesta</i> Junker
	Batatilla	<i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth
<i>Apiaceae</i>	Hinojo	<i>Cyclospermum leptophyllum</i> (Pers.) S.
	Anison	<i>Foeniculum vulgare</i> Gaertn
<i>Melastomataceae</i>	Siete cueros	<i>Tibouchina ciliaris</i> (Vent) Cogn
<i>Lythraceae</i>	Siete sangrías	<i>Cuphea carthagenensis</i> (Jacq.) J.F. Macbr.
	Sanalato	<i>Cuphea racemosa</i> (L.J.) Spreng.
<i>Onagraceae</i>	Flor de muerto	<i>Oenothera</i> sp.

Fuente: Córdoba 2006

Las principales malezas reportadas por los agricultores del oriente y norte antioqueños son: corazón herido o amaranto (*Polygonum* sp.) con un 25 %, seguido de ajeno (*Absinthium vulgare* Lam.), trébol (*Oxalis* sp.), masequia o cadillo (*Bidens* sp.), guasca (*Galinsoga quadriradiata* Ruiz & Pav), coquito (*Cyperus esculentus* L.), nudillo (*Paspalum candidum* [H.B.K.]), lengua de vaca o acedera (*Rumex* sp), siempre viva (*Tripogandra serrulata* [Vahl.] Hand.) y kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst) que representa el 75 %.

Manejo integrado de malezas

La flora espontánea, arvense, maleza o adventicia es un componente propio de todos los agroecosistemas, entre ellos, los hortícolas. Con frecuencia, aparece donde no se la desea, interfiere con los cultivos, ocasiona mermas en el rendimiento y en la calidad de las cosechas y hay sobrecostos por su control; por esas razones, se considera maleza (Gómez 2012).

El control de malezas es una actividad primordial y la mayoría de los productores no le da la importancia que merece, ya sea por desconocimiento acerca de cómo combatirlas y porque no saben sobre el problema que acarrearán para el cultivo.

Los daños que ocasionan las malezas a los cultivos de brócoli son:

- Se genera una competencia por los recursos: luz, agua y nutrientes.
- Sirven como hospederas alternas o secundarias de patógenos plaga.

- Las altas poblaciones de malezas facilitan la presencia de condiciones microclimáticas como alta humedad, lo que favorece el desarrollo de epidemias.
- Son excelentes competidoras, sobre todo cuando emergen al mismo tiempo que el cultivo; la mayoría de malezas presentan tasas de desarrollo iguales o superiores que las plantas de lechuga (Ryder 1998).

Según el Instituto Colombiano Agropecuario (2012) se incluyó, los productores de hortalizas deben saber que no en todos los casos las malezas resultan ser perjudiciales; por el contrario, un manejo adecuado permite utilizarlas para conservar la humedad del suelo cuando se necesite; según las condiciones del clima, pueden proteger de la radiación solar, incrementar la biomasa y el aporte nutricional, entre otras bondades.

La aparición de malezas resultantes de la temporada de ola invernal es impredecible; no solamente aparecen las especies propias de la región o área de cultivo, sino las que llegan debido al arrastre ocasionado por la alta pluviosidad por la escorrentía.

No realizar un manejo oportuno de arvenses hace que se dejen florecer y formen semillas, hasta su maduración, lo que puede incrementar en forma indeterminada el banco de simientes y, luego, la germinación de ellos. Este hábito es una práctica inconveniente que, además, indirectamente, incrementa el riesgo de aparición de plagas y enfermedades.

La rutina adecuada debe basarse en evitar que haya plantas hospederas de plagas y enfermedades, impedir el exceso de humedad en el cultivo, detener la competencia por nutrientes del suelo y facilitar las labores de cultivo para no causar heridas a las plantas.

Durante el ciclo del cultivo, este debe permanecer libre de malezas. Para su manejo se emplean métodos mecánicos y se realizan los desyerbes manuales que sean necesarios. Generalmente se llevan a cabo de una a dos desyerbas, la primera luego de recuperadas las plantas y ya iniciado su crecimiento, y la segunda unas dos semanas después. Se usan implementos que no remuevan excesivamente el suelo y a no más de 5 cm de profundidad para que no se afecten las raíces.

La utilización de acolchados plásticos es una estrategia exitosa para el control de malezas en cultivos de brócoli; para ello se recomienda el uso de plásticos del tipo

blanco/negro; la cara blanca debe estar en contacto con el suelo. Los plásticos, además de lograr un efecto sobre las malezas, mejoran la humedad del suelo y la disponibilidad de algunos nutrientes (Gómez 2012)

La época crítica para el control de malezas corresponde a los primeros 45 días después del trasplante. En algunos casos es necesario realizar dos desyerbas: la primera se hace 20 días después del trasplante (figura 57), en el momento de la fertilización química, con el aporque, que consiste en arrimar suelo a la base de las plantas con el objetivo de cubrir el fertilizante y darles más apoyo a las mismas. La segunda, de ser necesario, se realiza 40 a 50 días después del trasplante.



Figura 57. Control de arvenses.

Fotos: Carolina Valencia

Otra forma de controlar las malezas en el surco es mediante la utilización de coberturas plásticas sobre la cama o el surco, lo que, además de impedir el brote de arvenses, reduce el consumo de agua al disminuir la evaporación y ayuda a una mejor distribución de la misma en el perfil; protegen el suelo de la erosión, favorecen el desarrollo y penetración radicular de manera horizontal —lo que facilita la absorción óptima de los nutrientes— y el almacenamiento de calor en el suelo para el periodo nocturno; reducen la elevación de temperatura diurna, así como la variación de esta, por lo cual constituyen un medio de defensa de las plantas contra las bajas temperaturas e influye considerablemente en el aumento de la producción y en mayor precocidad en la cosecha de los frutos.

También pueden ayudar a disminuir el desarrollo de enfermedades foliares, ya que dentro del invernadero se mejora el microclima porque se reduce la evapotranspiración de la humedad del suelo; disminuyen la pérdida de nutrientes por lixiviación o fijación, reducen la compactación del suelo, facilitan la actividad microbiana y aumentan el nitrógeno disponible en el suelo al disminuir la evaporación de los compuestos nitrogenados (Flórez 1986; Jaramillo y Ríos 2007).

Los plásticos más utilizados actualmente son el polietileno calibre 3 plateado (ampliamente empleado para el control de arvenses), transparente (para aumentar la temperatura del suelo, para desinfectar por solarización) y blanco (para obtener mayores reflexiones de radiación). En climas cálidos se recomienda el uso de blanco/negro o plateado/negro, y en climas fríos, de negro o plateado/negro.

Ventajas del uso de coberturas plásticas

Humedad del suelo. Por ser un plástico impermeable al agua, la humedad retenida en la cama cubierta no se evapora y está siempre disponible para el desarrollo del cultivo, pues este se beneficia de una alimentación constante y regular. La distribución uniforme de la humedad dentro de la cama permite un mayor desarrollo de raíces superficiales en forma horizontal; así no se necesita profundizar en busca de raíces y se aprovechan más los nutrientes disponibles en el suelo, ya que se presenta una mayor actividad (Zeidan 2005).

Temperatura del suelo. Durante el día el plástico transmite al suelo las calorías recibidas del sol; durante la noche, retiene ese calor por un periodo más prolongado; esto favorece el calentamiento del suelo y, por ende, la actividad microbiana del mismo, principalmente de los microorganismos benéficos descomponedores de materia orgánica, lo que facilita la disponibilidad de nutrientes para la planta. El calentamiento del suelo permite, además, eliminar los patógenos que afectan a las plantas, entre otros, hongos *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Fusarium*, *Phoma*, que no soportan altas temperaturas.

Estructura del suelo. Cuando se protege con cobertura, el suelo no se compacta y permanece bien estructurado, poroso, con mayor capacidad de absorber oxígeno y retener humedad.

Así mismo, el sistema radicular se desarrolla lateralmente, en vez de profundizar con mayor número de raíces, lo que favorece la mayor absorción de agua, sales minerales y demás fertilizantes, lo que conduce a un considerable aumento de la producción.

Fertilidad del suelo. La película plástica que protege el suelo impide que el agua de riego se lave y de esta manera se evita la lixiviación de los nutrientes. Igualmente, las pérdidas de nitrógeno se anulan debido a la impermeabilidad del plástico, que evita que se volatilice.

Prevención de hierbas dañinas. El crecimiento y desarrollo de hierbas dañinas debajo de la cobertura plástica depende de la capacidad de la misma para impedir el paso de la luz. Los plásticos opacos, generalmente de coloración oscura, no permiten el paso de la luz, lo que impide la función de fotosíntesis y hace que la vegetación espontánea no tenga condiciones para desarrollarse. Por otra parte, el incremento de las temperaturas también evita el crecimiento de las malezas.

Rapidez de cosecha. Como la planta constantemente tiene disponibilidad de agua, fertilizantes y temperaturas más favorables a sus necesidades, su ciclo tiende a ser más corto que en los cultivos que no usan cobertura. Esto posibilita a los agricultores llegar a los mercados antes, obtener mejores precios por sus productos y liberar el terreno mucho más rápido para el cultivo siguiente.

Incremento de la productividad. Todas las ventajas mencionadas anteriormente conducen a las plantas a una producción más voluminosa.

Desventajas del uso de coberturas plásticas

- Cuando se instalan coberturas plásticas, se requiere que la fertilización se realice a través de un sistema de riego, no edáfica.
- La utilización de coberturas plásticas implica un plan de reciclaje de las mismas, una vez hayan cumplido su vida útil.

Necesariamente se requiere utilizar tensiómetros, pues las coberturas plásticas no permiten observar los contenidos de humedad del suelo.

Fertilización

Para que una planta alcance su óptimo crecimiento y pueda resistir el ataque de plagas y enfermedades, el estado nutricional es de vital importancia. La nutrición vegetal es el proceso por el cual la planta absorbe del medio que la rodea las sustancias necesarias para su desarrollo y crecimiento (Jaramillo et al. 2013; Báscones s. f.).

Un buen plan de fertilización para el cultivo se debe basar en los resultados de los análisis de suelo, los cuales le darán a conocer la disponibilidad de los nutrientes, según el pH del terreno (figura 58), el contenido de materia orgánica, los requerimientos y la extracción de nutrientes de la planta, lo cual ayudará a tener una mejor selección del tipo de fertilizante que se va a emplear, su dosificación y el momento oportuno de la aplicación (Flórez et al. 2010).

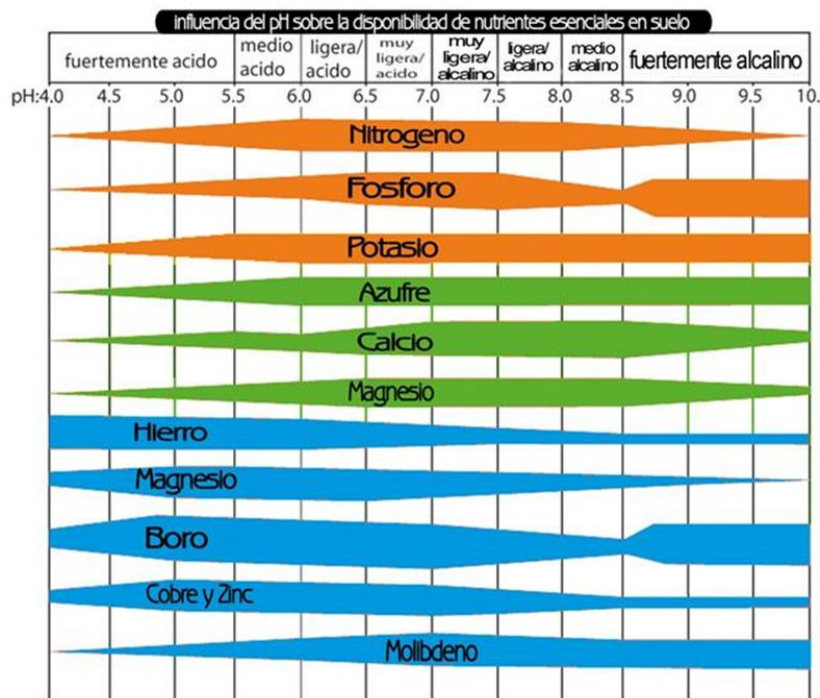


Figura 58. Disponibilidad de nutrientes según el pH del suelo.
Fuente: Zeidan 2005

Recomendaciones generales para la fertilización

- Los análisis de suelos deben de ser actuales. Se deben realizar como mínimo cada dos ciclos de producción, para realizar un seguimiento de los niveles de fertilidad y realizar los correctivos oportunamente.
- En caso de requerir enmiendas o correctivos, aplicarlos con antelación a la siembra (durante la primera preparación del terreno).
- Para la fertilización edáfica, incorporar el apoyo de forma fraccionada, primero una parte antes del trasplante y luego un mes después, para que la planta cuente con nutrientes necesarios para las últimas cuatro semanas del ciclo del cultivo. En este caso, especialmente de nitrógeno, fósforo potasio y calcio.
- Los fertilizantes se deben aplicar alrededor de la planta en forma de corona, para lograr una mejor distribución, disponibilidad y eficiencia del mismo en toda la planta. El productor generalmente lo aplica en un solo punto junto a la planta, por facilidad de labores y por ahorro de mano de obra.
- EL fertilizante que se va a incorporar no puede entrar en contacto directo con la raíz (figura 59) (Flórez et al. 2010).



Figura 59. Fertilización en brócoli.

Foto: Jorge Jaramillo

- Para que los fertilizantes disuelvan bien y sean mejor aprovechados por las plantas, el suelo debe estar húmedo.

- La materia orgánica debe estar bien compostada (es conveniente conocer la cantidad de nutrientes que aporta) (Flórez et al. 2010; Jaramillo et al. 2013).

La tabla 12 presenta los limitantes en nutrientes de acuerdo a las condiciones del suelo:

Tabla 11. Limitantes en nutrientes de acuerdo con las condiciones del suelo

Condiciones del suelo	Zn	Fe	Mn	Cu	B	Mo	Ca	Mg	s	N	p	K
pH alto	X	X	X	X	X							
pH bajo	X				X	X	X	X			X	
Materia orgánica alta	X			X	X	X	X	X				X
Materia orgánica baja	X			X	X	X						
Fertilidad natural baja	X			X	X	X						
Tipo arcilla (fijación)	X			X	X						X	X
Erosión	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Lixiviación					X		X	X	X	X		X
Excesos de humedad	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Sequía excesiva	X				X							X
Malos drenajes	X	X	X		X							X
Compactación del terreno	X	X	X		X							X
Mala aireación del suelo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Bajas temperaturas	X											
Altas temperaturas					X					X		X
Suelos arenosos	X				X		X	X				X
Suelos calcáreos	X	X	X		X							X
Suelos salinos	X	X	X	X	X					X	X	X
Suelos orgánicos				X							X	X
Excesos de cal	X	X	X	X				X			X	X
Excesos de fósforo	X	X	X									
Alto nivel de carbonatos	X	X										
Hidróxidos de Fe y Al	X				X	X			X		X	
Alta flora microbiana						X			X	X		

Fuente: Gómez 2006

Preabonamiento

Esta actividad permite tener una significativa ventaja en el arranque y prendimiento del cultivo. Tiene por objetivo proporcionar en el orden de 40-50 % de la fertilización en el momento del trasplante; se emplean fertilizantes compuestos (aquellos que

contiene al menos dos nutrientes primarios) o mezclas físicas de fuentes simples manufacturadas o realizadas en campo (Tamayo 2006a).

En los cultivos de brócoli, por su corto periodo vegetativo en campo (aproximadamente 65 a 70 días,) no se utiliza el reabonamiento, ya que la planta no alcanza a consumir totalmente el insumo inicial; hacerlo implicaría un costo más de producción.

Aunque no existen investigaciones sobre los terrenos del oriente antioqueño en cuanto a niveles de fertilización para el brócoli, en pruebas que se realizaron, y de acuerdo con los resultados de un análisis de suelos, se observó respuesta a la aplicación al momento de la siembra de materia orgánica (5 t/ha) y de un fertilizante químico con relación 1:3:1 (N:P:K), a razón de 5 gr/planta, aplicados a los 20 días después del trasplante. La fertilización debe hacerse en corona alrededor de la planta, después de la fertilización se debe hacer el aporque (Tamayo 2006a).

En las regiones del oriente y norte de Antioquia, el 60 % de los productores refieren realizar la aplicación de fertilizantes en forma de corona; el 36,67 % en media corona y el 3,33 % al voleo (Corporación... 2014).

Absorción y extracción de nutrientes

La absorción es la cantidad de nutrientes que asimila la planta durante todo su ciclo de vida. La extracción, por su parte, es la cantidad de nutrientes recibidos por el órgano cosechable de la planta; en el caso del brócoli, la pella o cabeza (Flórez et al. 2010). El brócoli es una planta exigente en nitrógeno (N), potasio (K) y azufre (S) y sensible a las deficiencias de boro (B) y molibdeno (Mo). Medianamente tolerante a la salinidad (Flórez et al. 2010).

Las mayores absorciones de nitrógeno, fósforo y magnesio se producen durante el periodo de máximo crecimiento de las inflorescencias; al final del periodo vegetativo, de potasio y calcio (Flórez et al. 2010). En la tabla 13 se presentan resultados de absorción de nutrientes reportados en diferentes investigaciones.

Tabla 12. Absorción total de nutrientes en el cultivo de brócoli

Absorción total (kg/ha)				
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	MgO
112-124	56-280			
Absorción total (kg/h) para 1 t/ha de producto				
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	MgO
3,4	0,8	3,5		
Absorción total (kg/h) producción 20 toneladas				
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	MgO
90	34	84		
Absorción total (kg/h) 50 t de producción				
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	MgO
220	80	270		
Absorción total (kg/h) producción 16 toneladas				
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	MgO
145	57	225	80	29

Fuente: Ciampitti y García 2008; Jaramillo y Leyva 2002; Instituto... 1968; Usaid-Red 2008

Las extracciones de los nutrientes son muy variables están en función del cultivar y las condiciones climáticas y edáficas, con diferentes rendimientos.

Para rendimientos de 16 a 50 t/ha, los requerimientos de nitrógeno son de 90 a 220 kg/ha, de fósforo (P₂O₅) de 34 a 280 kg/ha, de potasio (K₂O) de 84 a 270 kg/ha y de magnesio (MgO) de 29 kg/ha, con una proporción de N-P-K cercana a 4-1-4 (Flórez et al. 2010).

Limitantes en el cultivo para la absorción de nutrientes

Los nutrientes tienen una dinámica en la que interactúan las condiciones físicas, químicas y biológicas. Aun si se aplican fertilizantes al suelo con un alto grado de pureza, la planta solo tomará una fracción, debido a la interacción de los minerales con las condiciones del suelo (Flórez et al. 2010; Jaramillo et al. 2013).

Varios factores afectan el proceso de toma de nutrientes por parte de las plantas. Entre ellos se encuentran:

- pH de la solución del suelo. Según el pH, la disponibilidad de los nutrientes para la planta varía. En general, niveles bajos favorecen la toma de micronutrientes, y los altos, la toma de elementos mayores (Flórez et al. 2010; Jaramillo et al. 2013).

- Concentración de sales en la solución del suelo. La alta concentración de sales dificulta la toma de agua por parte de la planta y se reduce la disponibilidad de los nutrientes.
- Aireación y concentración de oxígeno en la atmósfera del suelo. Las raíces respiran y requieren oxígeno para generar la energía que demanda la absorción de nutrientes. Una pobre aireación inhibe la absorción de muchos nutrientes y afecta el estado de oxidación de algunos de los nutrientes esenciales (Flórez et al. 2010; Jaramillo et al. 2013).
- Temperatura del suelo. Determina la tasa de actividad metabólica y está relacionada con la absorción de nutrientes y el proceso de transporte de iones. En suelos fríos se requiere mayor concentración de nutrientes que en suelos calientes, lo que se debe considerar para obtener la máxima tasa de crecimiento.
- Interacción entre nutrientes. Este es un factor especialmente importante que tiene una incidencia negativa si la concentración de nutrientes está baja, cuando se acerca al límite de deficiencia, o muy alta, cerca al nivel crítico de toxicidad. El exceso de un nutriente en las plantas puede conducir a la deficiencia de otro elemento (Flórez et al. 2010; Jaramillo et al. 2013). En la tabla 14 se muestran algunos de estos antagonismos comunes.

Tabla 13. Antagonismos por exceso de algunos nutrientes

Nutriente en exceso	Deficiencia inducida
Nitrógeno	Potasio
Potasio	Nitrógeno-Calcio-Magnesio
Cloro	Nitrógeno
Azufre	Molibdeno
Sodio	Potasio-Calcio-Magnesio
Calcio	Potasio-Magnesio-Boro-Manganeso-Zinc
Magnesio	Calcio
Cobre	Zinc
Hierro	Manganeso
Manganeso-Zinc	Hierro
Fósforo	Hierro-Zinc

Fuente: Jaramillo et al. 2013

- Sustancias tóxicas. Cualquier sustancia que interfiera con los procesos metabólicos de las plantas puede afectar la toma de los nutrientes. También algunos microelementos pueden actuar como tóxicos a altas concentraciones, como el manganeso, cobre y zinc.

- Enfermedades. Afectan el normal desarrollo fisiológico de la planta, como lo que ocurre en las raíces por causa de nematodos, bacteriosis y hongos del suelo, como el *Fusarium*.
- Exceso o deficiencias hídricas en el suelo.
- Textura y estructura del suelo. De este factor depende en gran parte el desarrollo de un buen sistema radicular de las plantas. A mayor área de enraizamiento, mayor absorción de nutrientes (Flórez et al. 2010; Jaramillo et al. 2013).

Función y deficiencias de los nutrientes

Con un buen suministro de elementos, en el momento oportuno y en las cantidades adecuadas, las plantas pueden realizar sus funciones vitales lo que se refleja en un cultivo sano y vigoroso (Jaramillo et al. 2013). La carencia o ausencia de algún elemento redundará en una sintomatología particular:

Nitrógeno (N). Participa en la estructura de las moléculas de proteína, aminoácidos, ácidos nucleicos, vitaminas, fosfolípidos y aumenta la concentración de vitamina C. Si es deficiente, no se forma la pella. El nivel crítico de nitrógeno en los tejidos es de 1,3 % en base seca para las hojas externas y 2,1 % para raíces; la mayor acumulación de N se produce en las hojas. Los excesos de este elemento en la fertilización pueden ser un factor predisponente de la aparición de tallo hueco, condición que no presenta devolución en los comerciantes de brócoli, siempre y cuando no vaya con pardeamiento del tejido por deficiencia de boro (figura 60) (Flórez et al. 2010; Pilarte s. f.).



Figura 60. Tallo hueco por exceso de fertilización nitrogenada en brócoli.

Foto: Jorge Jaramillo

Fósforo (P). La disponibilidad de este elemento en la mayor parte de los suelos agrícolas del trópico es muy limitada. Juega un papel muy importante en la vida de las plantas. Estimula el desarrollo de la raíz e interviene en la formación de los frutos, que es donde se acumula en concentraciones altas. Es el elemento menos absorbido por la planta, pero el más extraído por la pella en las dos últimas semanas del ciclo del cultivo. Su deficiencia se manifiesta en el color púrpura y bronceado del follaje (figura 61) (Flórez et al. 2010; Pilarte s. f. 2014).



Figura 61. Deficiencia de fosforo en hojas.

Foto: Jorge Jaramillo

Potasio (K). Nutriente altamente móvil que actúa en todos los procesos biológicos de la planta, pero no forma parte de la estructura de los compuestos de la misma. Por su efecto osmorregulador, aumenta la tolerancia a heladas, ayuda a las plantas a soportar el estrés causado por nematodos, promueve el crecimiento y desarrollo de raíces, con lo aumenta la resistencia a enfermedades.

Tiene un papel vital porque cataliza procesos importantes como la fotosíntesis (proceso por el cual le energía del sol, en combinación con agua y dióxido de carbono, se convierte en azúcares y materia orgánica); interviene en la formación de clorofila y en la regulación del contenido de agua en las hojas (Flórez et al. 2010; Pilarte s. f. 2014).

La mayor absorción se produce en el periodo de máximo crecimiento de las inflorescencias. Si hay deficiencia las hojas adquieren un color rosado y se arrugan, las hojas viejas comienzan a morir, las raíces son escasas y delgadas, las cabezas se forman poco compactas y con brotes laterales (Flórez et al. 2010; Pilarte ss. F.).

Calcio (Ca). Promueve el alargamiento celular y es parte esencial de la pared celular de las plantas; forma compuestos de pectato de calcio que dan estabilidad a las paredes de las células; ejerce efecto neutralizador de los desechos orgánicos de la planta; participa en la inducción de proteínas de choque térmico. Es uno de los elementos más importantes en la determinación de la calidad de los frutos y en la conservación de estos. Los frutos con altos contenidos de calcio, resisten más el transporte y se conservan mejor.

La mayor absorción de este elemento se produce en las tres últimas semanas del ciclo del cultivo y se concentra en las hojas. Las deficiencias ocasionan deformación total y enrollamiento de las hojas; manchas alargadas de color amarillo o rosado, y la muerte de las hojas (Flórez et al. 2010; Pilarte s. f.).

Magnesio (Mg). Componente principal de la clorofila, es vital para el proceso de fotosíntesis y participa en la síntesis de proteínas. En las células fotosintéticas, los dos elementos principales son el magnesio y el hierro, ambos muy importantes después del trasplante.

El magnesio se acumula principalmente en las hojas, con una mayor velocidad de absorción entre la cuarta y la séptima semana después del trasplante. Si se presenta deficiencia, las hojas adquieren un color más claro y, al final, se tornan marrón claro; se deforman ligeramente en la parte superior y las nervaduras conservan su color verde (Flórez et al. 2010; Pilarte s. f.).

Azufre (S). Cuarto elemento esencial para el desarrollo vegetal. Es constituyente de las proteínas y vitaminas como la tiamina y biotina. Es un ingrediente importante de numerosas enzimas. Su deficiencia no es muy común, pero cuando se presenta las hojas viejas se decoloran y las raíces se vuelven largas y delgadas (Tamayo 2006a).

Boro (B). Esencial en la división celular y en la integridad de las membranas plasmáticas; actúa sobre la diferenciación de tejidos y la síntesis de fenoles y auxinas, e interviene en la germinación y crecimiento del tubo polínico. La planta es muy sensible a su deficiencia, que ocasiona una sintomatología conocida como tallo hueco o corazón negro (figura 62). Se ocurre el déficit, las hojas nuevas son más pequeñas de lo normal, en los tallos aparecen manchas húmedas de color marrón (figura 63) y tejido necrótico en el interior del tallo (figura 64) (Flórez et al. 2010; Pilarte s. f.).



Figura 62. Corazón negro ocasionado por deficiencia de boro.

Foto: Jorge Jaramillo



Figura 63. y Figura 64. Efecto de deficiencia de boro en tallo de brócoli.

Foto: Jorge Jaramillo

Molibdeno (Mo). Esencial para el proceso de fijación de nitrógeno por parte de las bacterias en los nódulos de las raíces, es parte estructural de una oxidasa que convierte el aldehído de ácido abscísico en la hormona ABA, reguladora del crecimiento que protege a las plantas de estrés fisiológico. La deficiencia se presenta en suelos ácidos y se manifiesta con clorosis, distorsión, entorchamiento y reducción de la lámina foliar, síntoma conocido como cola de látigo (figura 65) (Tamayo 2006a; Flórez et al. 2010).



Figura 65. Cola de látigo, deficiencia de molibdeno.

Foto: Jorge Jaramillo

Zinc (Z). Indispensable en la formación de la clorofila, componente de varias enzimas, entre ellas las que promueven el crecimiento, también participa en la activación enzimática, así como en los procesos de respiración y fermentación; interviene en la síntesis y conservación de auxinas, hormonas vegetales involucradas en el crecimiento (Tamayo 2006a; Pilarte s. f.).

Manganeso (Mn). Es parte de las enzimas que participan en la respiración y síntesis de proteína y sirve como un activador para una variedad de reacciones enzimáticas, tales como la oxidación, la reducción y la hidrólisis. Importante en relación con la fotosíntesis pues puede tener influencia directa con o indirecta sobre cloroplastos, donde energía lumínica del sol se convierte en energía química.

Cobre (Cu). Está presente en diversas enzimas o proteínas relacionadas con los procesos de oxidación y reducción e induce a la formación de polen viable, por lo que su alta demanda se presenta en floración. Actúa conjuntamente con el manganeso y el zinc en la utilización y movilización de otros nutrientes, y aporta al desarrollo de las raíces y a la formación de proteínas y enzimas.

Interpretación del análisis de suelo

La interpretación del análisis de suelo es de vital importancia porque, además posibilitar estar al tanto de los niveles críticos, también permite tener un concepto general que incluye conocer la interdependencia entre los elementos y las propiedades del suelo, evaluar el efecto de las condiciones del clima y, a su vez,

determinar las necesidades del cultivo para el cual se efectuó el análisis en cuestión (Pilarte s. f.).

Los elementos relacionados con la interpretación de resultados de análisis de suelos:

pH. Es muy importante en las características del suelo porque regula las propiedades químicas del mismo, influye sobre las biológicas y sobre la disponibilidad de nutrientes (tabla 15).

Tabla 14. Valores pH y disponibilidad de nutrientes

pH	Valoración	Consecuencias	Recomendaciones
< 5,5	Muy ácido	Posible toxicidad por Al y Mn; posible deficiencia de P, Ca, Mg y Mo.	Encalar
5,5-5,9	Moderadamente ácido	Baja solubilidad del P y regular disponibilidad de Ca y Mg.	En algunos cultivos, como leguminosas, se necesita encalar
6,0-6,5	Ligeramente ácido	Condición adecuada para el crecimiento de la mayoría de los cultivos	
6,6-7,3	Casi neutro	Buena disponibilidad de Ca y Mg; moderada disponibilidad de P y baja disponibilidad de micronutrientes, excepto Mo.	Aplicación de elementos menores
7,4-8,0	Alcalino	Posible exceso de Ca, Mg y carbonatos, baja solubilidad del P y micronutrientes a excepción de Mo.	Se inhibe el crecimiento de varios cultivos.
			Tratar el suelo con enmiendas
> 8,0	Muy alcalino	Posible exceso de Na intercambiable.	Se inhibe el crecimiento de la mayoría de los cultivos.
			Tratar el suelo con enmiendas

Fuente: Muñoz 1995

Carbono orgánico. Cuando la temperatura disminuye, el contenido de materia orgánica en el suelo aumenta, debido a la baja tasa de mineralización de esta. En Colombia se ha encontrado correlación positiva entre el contenido de materia orgánica y la altura sobre el nivel del mar (tabla 16).

Tabla 15. Estimativo de materia orgánica en los suelos

Clima	Interpretación del % de materia orgánica		
	Bajo	Medio	Alto
Frío	Menor de 5	5-10	Mayor de 10
Medio	Menor de 3	3-5	Mayor de 5
Cálido	Menor de 2	2-4	Mayor de 4

Fuente: Muñoz 1995

La materia orgánica mejora las propiedades físicas del suelo, ya que disminuye la densidad aparente de este (por tener una menor densidad que la materia mineral), contribuye a la estabilidad de los agregados, mejora la tasa de infiltración y la capacidad de retención de agua. Del mismo modo, favorece las químicas. Desempeña un papel importante en la mejora de la disponibilidad de micronutrientes (Fe, Mn, Zn y Cu) para las plantas, así como en la relación de los efectos tóxicos de los cationes libres; mejora la nutrición del fósforo y suele acidificar el medio, lo que así favorece indirectamente la absorción de nutrientes por las plantas.

En cuanto a las condiciones biológicas, favorece la presencia de lombrices que ayudan a mejorar la estructura del suelo. Algunos materiales orgánicos presentan actividad supresora frente a hongos y se utilizan para combatir aquellos patógenos. La supresión puede ser biótica o abiótica y puede deberse a diversos factores, entre ellos, físicos, relacionados con la disponibilidad de oxígeno y el drenaje, un pH inadecuado al desarrollo de los microorganismos patógenos, presencia o ausencia de elementos como el nitrógeno, entre otros (Inforganic 2004).

Relación C/N. El carbono y el nitrógeno son dos elementos indispensables para el desarrollo de las plantas. El estado de la relación resulta de dividir el porcentaje de C por el de N. Esta relación da la idea de los procesos que están regulando la situación del nitrógeno en el suelo (Muñoz, 1995).

La calificación de la relación es la siguiente:

- Menor que 10: Baja. Hay una alta mineralización. Probablemente la materia orgánica da un buen suministro de algunos nutrientes. Condición propia de suelos aireados en climas cálidos.
- Entre 10 y 12: Media. La mineralización es normal.
- Mayor de 12: Alta. La mineralización es lenta al igual que el aporte de nutrientes de la materia orgánica (Muñoz 1995).

Capacidad de intercambio de cationes (CIC). Categoría directamente asociada con la textura, tipo de arcilla y el contenido de materia orgánica en el suelo. Los terrenos contienen cantidades variables y clases diferentes de arcilla y materia orgánica, de modo que la CIC total varía ampliamente. La materia orgánica tiene una CIC alta, por lo que los suelos con un alto contenido de ella presentan por lo general una CIC mayor que la de los suelos con un bajo contenido de la misma. (Muñoz 1995). Una valoración conceptual de la CIC en los suelos, es el siguiente:

- Menor de 10 meq/100 g: Baja
- 10-20 meq/100 g: Media
- Mayor que 20meq/100 g: Alta

Bases intercambiables (Ca, Mg, K, Na). Establecer los niveles críticos para los nutrimentos en cuestión es difícil. Siempre se debe de tener en cuenta no solo el elemento intercambiable, sino también el porcentaje de saturación del complejo de cambio y el pH del suelo (tabla 17).

Tabla 16. Estimativo conceptual de las bases en los suelos y porcentaje de saturación de las mismas

Elemento		Interpretación		
		Bajo	Medio	Alto
Calcio	meq/100 g	Menos de 3	3-6	Más de 6
	Saturación (%)	Más de 3	30-50	Más de 50
Magnesio	meq/100 g	Menos del 1,5	1,5-2,5	Más de 2,5
	Saturación (%)	Menos de 15	15-25	Más de 25
Potasio	meq/100 g	Menos de 0,20	0,20-0,40	Más de 0,40
	Saturación (%)	Menos de 2	2-3	Más de 3
Sodio	meq/100 g	Su contenido debe ser menor que 1		
	Saturación	Debe ser menor del 15%		
Relación normal Ca:Mg:K 2-3:1:0, 15-0,25				

Fuente: Muñoz 1995

La relación Ca/Mg se debe considerar especialmente en suelos ácidos que requieren encalarse. El valor mínimo para la relación debe ser uno. Cuando la relación Ca/Mg es amplia, más de cuatro, y el suelo necesite suministro, se recomienda aplicar 1.250 kg de cal dolomítica por cada mili equivalente de aluminio. Los principales factores que hay que sopesar al agregar cal a los suelos, además de la planta que se va a cultivar, son el pH y el aluminio intercambiable; la textura, el contenido de materia orgánica y la relación Ca/Mg. (Instituto... 1992).

Acidez intercambiable. Está constituida por el aluminio intercambiable. Se presentan problemas si la saturación con respecto a la CIC es mayor que cinco (5). Otro componente que se debe tener en cuenta es la relación $Ca + Mg/Al$; mientras se encuentre bajo, mayor es el problema. El valor mínimo para esta relación debe ser uno (1). Valores de pH por debajo de 5,5 (suelos minerales) o por debajo de 5,0 (suelos orgánicos) indican problemas con el aluminio (Muñoz 1995).

Conductividad eléctrica (CE). Es un índice de salinidad, así como el porcentaje de saturación de sodio es un índice de la sodicidad del suelo.

La interpretación de la CE del extracto del suelo (milimhos/cm) es la siguiente:

- 0-2: No salino.
- 0-4: Muy ligeramente salino.
- 4-8: Moderadamente salino.
- 8-16: Fuertemente salino.
- 16: Muy fuertemente salino.

Por encima de los 4 milimhos/cm disminuye el rendimiento de los cultivos y hay que recuperar el suelo (Muñoz 1995).

Fuentes de fertilización orgánica y química

Un fertilizante es cualquier material orgánico o inorgánico, natural o elaborado, que se suministra al suelo, con el fin de proporcionar a la planta uno o más de los elementos nutricionales necesarios para tener un normal desarrollo. Se clasifican en inorgánicos y orgánicos (Guerrero s. f.).

Fertilizantes inorgánicos

Son productos procesados que contienen uno o más de los elementos para el desarrollo de las plantas. Se fabrican en forma sólida o líquida, mediante procesos industriales. Estos se dividen en: (Guerrero s. f.)

Fertilizante simple o primario. Abono que contiene uno de los tres elementos esenciales primarios (urea, superfosfato triple o cloruro de potasio).

Fertilizante compuesto. Son los que contienen más de uno de los tres elementos esenciales primarios.

Fertilizante de mezcla física. Aquel compuesto que resulta de la mezcla mecánica de dos o más materiales simples o compuestos. Por ejemplo, la mezcla de fosfato diamónico y cloruro de potasio, en proporción 83,3 % y 16,7 %, respectivamente, resulta el fertilizante compuesto de grado 15-38-10.

Fertilizante compuesto. Es un abono compuesto resultante de la reacción química de ingredientes y materias primas. Su producción requiere montajes industriales complicados, como consecuencia de la denominación de complejo que recibe este producto.

Fertilizante natural. Son fertilizantes obtenidos de depósitos o yacimientos naturales que, después de un proceso de beneficio y empaque, se comercializa. La roca fosfórica y el cloruro de potasio son ejemplos de fertilizantes de origen natural (Guerrero s. f.)

Fertilizante sintético. Abono procesado de manera industrial. Derivado de la obtención o fabricación de un producto, el cual genera un subproducto denominado fertilizante sintético.

Fertilizante granulado. Material en el cual las partículas están constituidas por gránulos de diámetro variable; generalmente oscilan entre 2 y 4 mm.

Fertilizante cristalino. Abono cuyas partículas se encuentran constituidas por cristales de diferente tamaño y forma. El sulfato de amonio, nitrato de potasio y el cloruro de potasio son ejemplos de estos fertilizantes (Guerrero s. f.).

Fertilizante orgánico

Son abonos de origen orgánico cuyo portador nutricional es un compuesto de tal naturaleza. Contribuyen a mejorar la fertilidad del suelo al aumentar el contenido de materia orgánica y, por consiguiente, la retención de agua y nutrientes y reducción (Guerrero s. f.). El término de abono orgánico se refiere al estiércol de los animales, a los residuos de las cosechas y a los abonos verdes. Constituyen un fertilizante inocuo y efectivo, si se trata debidamente. Si el manejo es inapropiado o inexistente,

es posible que contenga microorganismos patógenos que puedan contaminar las hortalizas y representar un peligro para la salud humana.

Solo se deben de usar abonos orgánicos que sean sometidos a tratamientos de estabilización, esto para reducir el riesgo de contaminación microbiológica en aplicaciones superficiales. Se deben preparar en un lugar apartado de las instalaciones y de fuentes de agua que se puedan contaminar y se deben seguir adecuadamente las técnicas para elaborar abonos orgánicos (Jaramillo y Ríos 2007). Los fertilizantes más utilizados en las zonas productoras son los compuestos, con una participación del 53.16 %, y la combinación de compuestos y simples, con el 12,52 %. Otros fertilizantes usados son: las combinaciones de compuestos y menores, y los compuestos y foliares (Corporación... 2014).

Manejo de residuos de cosecha

La producción de hortalizas es un alto generador de residuos de cosecha. En brócoli, pueden ser hasta 73,6 t/ha por ciclo (tabla 18).

Tabla 17. Determinación del peso de residuos de cosecha/planta de brócoli. Proyecto comercial hortalizas. Corpoica, CI La Selva

Especie	Peso promedio cabeza/planta (g)	Peso promedio residuo/planta (g)	% peso promedio cabeza con base en el peso total planta	% peso promedio residuos con base en peso total de la planta	Peso total residuo/ha (t)
Brócoli	469	1473	24,45%	75,55%	73,65

Fuente: Jaramillo y Díaz 2006

Generalmente, el agricultor es de incorpora estos residuos al suelo al momento de preparar el terreno para nuevas siembras, sin hacerles ningún tratamiento. No obstante, ellos son portadores de hongos, bacterias, nematodos y plagas, por lo que actúan como fuente de inóculo y de infestación para los nuevos cultivos que se van a establecer.

Lo anterior repercute en un ataque más fuerte de plagas y enfermedades, por lo que el agricultor se ve obligado al uso más frecuente de plaguicidas y fungidas para controlar los ataques (Jaramillo y Ríos 2007). Una estrategia para la obtención de materia orgánica con base en la producción limpia es producir compost a partir de los residuos de cosecha generados por el cultivo de brócoli.

El compostaje de residuos de cosecha (figura 66) es el proceso donde organismos transforman (descomponen) residuos en productos con apariencia de suelo, que aportan nutrientes y humus estable, favorecen y reactivan la microflora del suelo, y mejoran la retención de agua, el drenaje y la aireación. También favorecen la asimilación de nutrientes minerales disponibles en el suelo, lo que ayuda a que se dé una disminución en aplicaciones externas de los fertilizantes sintéticos.



Figura 66. Proceso de compostaje en compostera.

Foto: Miryam Guzmán

En general los compost obtenidos son ricos en nutrientes necesarios para el buen desarrollo de las plantas, con altos contenidos en materia orgánica, nitrógeno, potasio, magnesio, calcio, fósforo, azufre, boro, manganeso y zinc (Jaramillo y Díaz 2006).

En el proceso de descomposición actúan microorganismos benéficos que favorecen la fermentación que se necesita para la obtención de materia orgánica. Entre los microorganismos están bacterias ácidolácticas, levaduras, algunas bacterias fotosintéticas y hongos actinomicetos. De los citados se pueden mencionar las bacterias *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens* y *P. putida*, los cuales producen antibióticos para el control de hongos fitopatógenos, y los hongos *Trichoderma harzianum*, *T. viride*, *Penicillium fumiculosum*, *Aspergillus ochraceus*, para el control de hongos del suelo del género *Fusarium* spp, *Rhizoctonia solani*, *Pythium* sp y *Phytophthora* sp.

Los hongos entomopatógenos que afectan las poblaciones de los insectos plaga del suelo como las chizas y los trozadores son *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*, *Paecilomyces* spp y *Nomurea rileyi*.

En el mercado comercial existen productos con combinaciones diferentes de microorganismos, con la función de acelerar el proceso de la descomposición de los residuos de cosecha. La producción de compost con tratamiento de bacterias descomponedoras se toma unos 30 días; sin esas ayudas, bajo iguales condiciones, es de 120 días. Así las cosas, con bacterias el ahorro en tiempo es de 90 días y con la ventaja de que las bacterias eliminan los malos olores del compost (Jaramillo y Ríos 2007).

Capítulo VI

Manejo integrado de plagas

Jorge Jaramillo Noreña
Carolina Valencia
Paula Andrea Aguilar

El manejo integrado de plagas (MIP) tiene como objetivo seleccionar y utilizar todos los métodos y técnicas apropiadas y compatibles para mantener controladas las poblaciones de plagas. Se enfatiza en el “control” no en “erradicación”.

El MIP sustenta que la erradicación completa de una plaga es casi imposible e intentarlo es sumamente costoso, insalubre y, en general, irrealizable. La recomendación es tomar la decisión de cuál es el nivel tolerable y aplicar controles cuando se excede ese nivel (umbral de acción).

El diseño y desarrollo de un plan para el manejo integrado de plagas adecuado y eficiente en el cultivo requiere conocimientos no solo de las plagas y de los aspectos agronómicos del cultivo, sino también de todas las interacciones que resultan en la dinámica de las poblaciones de los organismos que se encuentran involucrado en el agrosistema (Jaramillo y Ríos 2007).

El manejo integrado de plagas incluye los siguientes procesos:

Seguimiento. Es una práctica fundamental que sirve para determinar si las poblaciones de las plagas, o las condiciones para que ellas se presenten, ameritan aplicar uno o varios métodos de control.

Control legal. Define las medidas de combate, que pueden ser preventivas. Se fundamenta en las disposiciones legales, lo que indica el establecimiento de leyes, decretos, normas o resoluciones de carácter nacional, departamental y municipal con el objetivo de evitar la introducción, establecimiento o diseminación de plagas en el país región o cultivo (Jaramillo et al. 2013).

Control natural. Hace referencia al conjunto de factores que regulan las poblaciones de las plagas. Los principales agentes para este control son los factores bióticos —

organismos presentes en el agroecosistema que actúan en forma natural sobre los insectos plaga y regulan sus poblaciones—. Se clasifican en parasitoides, depredadores y entomopatógenos (Barfield 1989), y los factores abióticos —aquellos ambientales que pueden intervenir directa o indirectamente sobre las poblaciones de los organismos patógenos—.

Control cultural. Señala todas las prácticas agrícolas encaminadas a prevenir el ataque de insectos y lograr un ambiente menos favorable para su desarrollo, o destruir y disminuir sus daños. Contempla una planificación en el proceso de desarrollo del cultivo, que tiene un efecto en el tiempo sin que aumenten los costos de producción ni se contamine el ambiente. Es compatible con otros tipos de control (Jaramillo et al. 2013).

Control mecánico. Es el procedimiento más antiguo en la agricultura y consiste en la remoción y la destrucción manual de los insectos y las partes de la planta afectada. Es un control económico dado que no requiere mano de obra excesiva.

Control etológico. Su objetivo es manipular el comportamiento de las plagas insectiles e insectos benéficos con el uso ya sea de mediadores químicos o de trampas —instrumentos de captura que se valen de materiales impregnados con un producto pegajoso de un color atractivo a los insectos, o aparejos de luz que los detienen con buena efectividad en el control de trips bajo invernadero—, barreras físicas para impedir la entrada de plagas al invernadero e instalación de mallas antinsectos en el exterior del mismo (Jaramillo et al. 2013).

Control biológico. Se diferencia del control natural porque lo realiza el hombre, quien introduce o aumenta los enemigos naturales de los insectos plaga para reducir la densidad de población de los mismos. Incluye parasitoides, depredadores y patógenos de una gran especificidad en relación con las plagas que se pretenden controlar.

Control con extractos vegetales. Es el que atañe al trabajo con los biopreparados que pueden ser usados en el manejo de plagas o como estimulantes de crecimiento. Se emplean extractos de algunas plantas con gran actividad bioquímica para el control de insectos (ruda, albahaca, caléndula, ají, ajo, flor de muerto, diente de león, entre otras) (Jaramillo et al. 2013).

Control químico. El uso de químicos debe ser racional, justificado y cumplir con los siguientes requisitos:

- Los productos se deben adquirir en sitios autorizados y contar con los debidos registros y con las fichas técnicas.
- Usar preferiblemente plaguicidas de las categorías toxicológicas III y IV para disminuir el riesgo de contaminación de aguas, suelos y del órgano cosechable.
- Respetar el modo de aplicación, la dosis, el momento oportuno, las incompatibilidades con otros productos y los periodos de carencia, de acuerdo con las recomendaciones de la etiqueta.
- Alternar los productos para evitar que siempre se use el mismo ingrediente activo.
- La calidad del agua utilizada en las mezclas no debe alterar las características químicas de los productos.
- Calibrar siempre los equipos de fumigación; lavarlos después de cada aplicación y realizarles mantenimiento periódico.
- Las personas que se encargan de las aspersiones deben contar con todo el equipo de seguridad y estar capacitadas.
- Efectuar las aplicaciones en las primeras horas de la mañana o en las últimas de la tarde.
- Llevar registros de las aplicaciones con formatos diseñados para tal fin.
- Los envases que se encuentran vacíos se deben lavar por lo menos tres veces, perforarlos y enviarlos a los canales autorizados para su respectiva eliminación (Jaramillo y Ríos 2007; Flórez et al. 2010).

Muestreo y niveles críticos

Para justificar la aplicación de algún agroquímico, hay que ir al campo observar y determinar cuál es el nivel de las poblaciones del organismo plaga. Es importante para un buen seguimiento conocer la fenología y la biología del cultivo, así como el comportamiento de organismos plaga y sus factores de regulación natural. También es necesario estar al tanto del historial del lote en cuanto a plagas y el estado de los cultivos vecinos.

Después de realizar cada muestreo, se toma la decisión de si se puede convivir con los organismos dañinos o si se requiere algún manejo o supresión con un producto para la protección de los cultivos. Si una población plaga no ha alcanzado el nivel crítico en el cultivo, no es rentable aplicar un agroquímico. El muestreo no solo cuantifica el daño económico; también permite evaluar los factores de mortalidad

natural dentro de los cultivos, para determinar cuáles alternativas adoptar para el manejo de las plagas (Jaramillo et al. 2013).

Los siguientes factores intervienen en la toma de muestras:

- Herramientas de muestreo. Se debe de tratar de hacer uso de instrumentos que suministren información de más de una plaga y que brinden datos confiables para poder tomar estimaciones de la densidad de la población en el cultivo y así elegir las alternativas de control más acertadas. Las herramientas en cuestión varían según la plaga que se quiere muestrear y de las características del cultivo; por ejemplo, al monitorear gusanos cogolleros se puede utilizar un muestreo visual; lo mismo ocurre con las larvas o gusanos en hortalizas. Para el caso de adultos de plagas se puede utilizar una red entomológica o jama que permita capturar en vuelo individuos para determinar la densidad poblacional existente y así elegir las alternativas de control más acertadas (Barfield 1989).
- Muestreo de plagas en el suelo. Se toma la muestra del suelo con un azadón o pala; se cava un hueco de 30 cm ancho por 30 cm de largo y 20 cm de profundidad. Lo recolectado se deshace sobre un pedazo de polietileno (plástico) de color blanco, con el propósito de ver las larvas o gusanos de polillas o cucarrones. Cuando se observa una densidad de población de 6 larvas grandes o 12 pequeñas en 25 agujeros por hectárea, se considera que se está en un nivel crítico (Jaramillo et al. 2013).
- Inspección visual. Es la herramienta de monitoreo más utilizada (figura 67). El conteo y registro de datos se realiza por medio de la observación de toda la planta o de sus estructuras vegetativas específicas (hojas, tallos, frutos, yemas terminales, etc.). Para este muestreo se necesita en ocasiones una lupa de mano (lente de aumento), por si los insectos u otros artrópodos monitoreados son muy pequeños (Jaramillo et al. 2013).



Figura 67. Inspección visual de plagas en brócoli.
Foto: Jorge Jaramillo

- Trampas con atrayentes. Es la fabricación de trampas con algunos cebos (atrayentes alimenticio, sexual o luminoso) para la captura de plagas y luego determinar la densidad poblacional de las mismas (Jaramillo et al. 2013).

Número de sitios por muestrear

El número de sitios por muestrear varía según diferentes factores:

Tamaño del campo. En cultivos hortícolas, en los lotes de producción no mayores de una hectárea, se recomienda revisar cinco sitios por lote (Jaramillo et al. 2013).

Disposición espacial de la plaga en el campo. Tener conocimiento de la forma como la plaga se distribuye en el campo (al azar, uniforme o agregada) y así poder determinar el número de muestras por realizar y los sitios.

Precisión. La exactitud en los monitoreos aumenta con el incremento del número de muestras. La cantidad debe proporcionar datos que sean confiables y obtenidos de forma rápida (Jaramillo et al. 2013).

Frecuencia de muestro y etapas fenológicas del cultivo. Según las etapas fenológicas del cultivo, el daño provocado por las plagas varía. En aquellas etapas críticas (épocas más susceptibles al ataque de plagas o condiciones climáticas que favorecen el desarrollo de la plaga) los muestreos se deben realizar frecuentemente, hasta dos veces por semana (Jaramillo et al. 2013).

Niveles críticos (umbrales de acción). Es una regla de decisión para que el control sea económicamente eficiente. El manejo de la plaga se efectúa cuando la población sobrepasa el nivel crítico (límite mínimo de la población). La definición se aproxima a lo que se denomina “niveles de daño económico”, que se expresan como:

- Densidades absolutas: por ejemplo, un promedio de 25 crisomélidos por metro lineal.
- Densidad relativa: por ejemplo, 15 loritos verdes por golpe de la red.
- Estimados de daño, por ejemplo, porcentaje de frutos dañados que se puede usar como referente general (Jaramillo et al. 2013).

Otros factores que intervienen en los niveles críticos son la densidad de plantas, el ataque de dos o más plagas simultáneamente y la presencia de enemigos naturales. Al momento de tomar la decisión de qué aplicar es importante considerar la existencia de los enemigos naturales —ya sea porcentaje de parasitismo o depredadores presentes— y la etapa de desarrollo del insecto (Jaramillo et al. 2013).

Para la obtención de los niveles críticos locales se recomienda consultar a las agencias de extensión agrícola de la zona, personal técnico capacitado o productores independientes que cuenten con la experiencia del cultivo, para obtener información más precisa (Jaramillo et al. 2013).

Descripción, identificación y manejo de plagas

Para un buen manejo integrado de plagas (MIP), es necesario conocer cuáles son las que atacan el cultivo del brócoli e incluir aspectos como el ciclo de vida de ellas, su biología, hábitos, hospederos y daños causados para tomar las decisiones adecuadas que ayuden a prevenir altas poblaciones o que las reduzcan de tal forma que sean tolerables.

Insectos y moluscos masticadores del follaje

En este grupo se ubican aquellas plagas de las hortalizas que atacan las partes aéreas de la planta consumiendo y dañando estructuras como tallos, ramas, hojas, flores y frutas.

Polilla dorso de diamante (*Plutella xylostella*- Lepidoptera: *Iponomeutidae*)

La polilla dorso de diamante se considera la plaga más importante de las crucíferas en el mundo entero. Se encuentra en Antioquia, principalmente en la región del oriente, en los municipios de Marinilla, El Santuario, y el Carmen de Viboral. Allí ocasionan daños en los cultivos de coliflor, repollo y, en menor proporción, de brócoli. Causan daños directos al consumir follaje, pero también indirectos al contaminar los floretes con excrementos, presencia de larvas y pupas que disminuyen la calidad del producto. La incidencia de la polilla aumenta en proporción directa con el desarrollo del cultivo, durante los periodos de baja precipitación y cuando no se llevan a cabo las prácticas de control. Al inicio del cultivo la población es baja; en las etapas de formación de copa o follaje ocurre una multiplicación rápida que alcanza picos poblacionales al final del cultivo. Los adultos son pequeñas polillas o palomillas de unos 12 a 15 mm de amplitud. Las alas anteriores son de color pardo grisáceo, con una mancha sobre el dorso de color claro en forma de diamante, lo que le da su nombre de polilla dorso de diamante. La particularidad descrita se observa cuando está quieta con las alas cerradas. Las alas posteriores son de café pálido con un fleco de pelos largos. Los adultos se encuentran frecuentemente posados sobre las hojas de la planta huésped (figura 68) (Ávila et al. 2000; Londoño 2006b).



Figura 68. Adulto de polilla dorso de diamante (*P. xylostella*).
Fotos: Alegría Saldarriaga y Jorge Jaramillo

El huevo es pequeño, ovalado, un poco aplanado y de color blanco amarillento brillante; los colocan de preferencia en el envés de las hojas. El periodo de incubación está entre cuatro y ocho días (figura 69).



Figura 69. Huevo de polilla dorso de diamante (*P. xylostella*).
Foto: Jorge Jaramillo

La larva completamente desarrollada mide entre 10 y 12 mm de longitud, su diámetro mayor está hacia la mitad del cuerpo y se adelgaza hacia los extremos. Recién emerge es de color blanco pálido, con la cabeza de color oscuro; con el desarrollo se torna de color verde azulado (figura 70). Al emerger son minadoras; posteriormente raspan las hojas por el envés y dejan la cutícula del haz como si fuera una serie de ventanas. En sus últimos instares, perforan las hojas completamente y forma agujeros irregulares; penetran la cabeza de la planta y ocasionan daños considerables. Las larvas del segundo instar en adelante se caracterizan por ser muy nerviosas al tocarlas; se contorsionan y se dejan caer pendiendo de un hilo de seda. Se localizan generalmente en el envés de las hojas y a su paso dejan una capa delgada que con el tiempo se desintegra; también se pueden alimentar de la inflorescencia. Este periodo tiene una duración de 15 a 20 días (Ávila et al. 2000; Londoño 2006b).



Figura 70. Larva desarrollada de polilla dorso de diamante.
Fotos: Martha Londoño

La pupa es de color verde claro al inicio y se encuentra parcialmente marcada por hilos blancos que secreta la larva antes de convertirse en pupa; progresivamente cambia a marrón claro (figura 71). Mide más o menos 6 mm de largo y la duración de esta etapa es de unos 7 a 12 días. El ciclo de vida puede variar notablemente con la temperatura, y es menor a medida que la última aumenta (Ávila et al. 2000; Londoño 2006b).



Figura 71. Pupa *P. xylostella*.

Foto: Alegría Saldarriaga

Un estudio de la biología de *P. xylostella* bajo condiciones controladas de temperatura y humedad relativa (28,4°C y 75 % en promedio, respectivamente) obtuvo como resultados una duración de $22,48 \pm 0,78$ días desde huevo hasta la emergencia del adulto. El período de incubación de los huevos fue de $5,01 \pm 0,43$ días, con variaciones de 4 a 6 días. El estado larval pasa por cuatro instares; la duración promedio del primero fue de $3,98 \pm 0,83$ días; el segundo duró $3,61 \pm 0,79$; el tercero $3,66 \pm 0,82$ y el cuarto $5,24 \pm 0,77$ días. La duración total del estado larval fue de $16,37 \pm 1,05$ días con variaciones entre 14 y 18 días. La pupa tuvo una duración promedio de $6,14 \pm 0,70$ días con variaciones de 5 a 8 días y la longevidad promedio de los adultos fue de $24,61 \pm 7,65$ días.

Condiciones favorables

La presencia de residuos de cosecha posibilita la supervivencia de la plaga y la incidencia de ella aumenta en proporción directa al desarrollo del cultivo. En la etapa del desarrollo normalmente se presenta la colonización de la polilla, pero en la de cierre del cogollo, se multiplica a mayor velocidad y el daño es notorio. Periodos de baja precipitación favorecen el desarrollo poblacional (Londoño 2006b).

Manejo integrado

La polilla es una plaga de difícil control después de que se cierra el cogollo. Lo más importante es vigilar el crecimiento del insecto y así poder tomar decisiones sobre su manejo de forma oportuna.

Como medida de control cultural se recomienda monitorear de modo constante para detectar la presencia del animal; el umbral de acción es una larva por cada 10 plantas monitoreadas. Hay que efectuar una selección de plantas sanas al trasplante, incorporar o recolectar residuos de cosechas para eliminar la población de larvas y pupas que se encuentran en el follaje, y rotar con cultivos diferentes de crucíferas, ya que se trata de una plaga exclusiva de esas especies. Es importante la adecuada preparación del suelo para destruir larvas y pupas, y aplica riego por aspersión en épocas secas para eliminar por ahogamiento la población (Universidad...s. f.).

El control biológico de larvas y pupas tiene grandes posibilidades gracias a la bacteria *Bacillus thuringiensis* (Dipel polvo 32.000 IUI) en dosis de 0,75 g/l y al hongo *Beauveria bassiana* (Bauveril) en dosis de 10 g/ha. Las trampas con feromonas sexuales ayudan a detectar y monitorear la polilla (Flórez et al. 2010).

Como control químico se recomienda el uso de productos con los ingredientes emamectin benzoate, spinetoram, spinosad y metomil.

Gusanos tierreros, cortadores o trozadores

En este grupo se ubican aquellos insectos y otras plagas que atacan tubérculos, raíces y tallos. Generalmente, dañan las plantas jóvenes recién trasplantadas, trozándolas a ras del suelo o cortando sus raíces. Ocasionalmente, estas plagas pueden atacar el follaje.

Gusano viringo, tierrero, mantequilla, cortador, trozador negro o rosquilla

Los gusanos tierreros, Lepidóptera Noctuidae, género *Agrotis ipsilon* (Hufnagel), son la primera plaga que ataca el cultivo inmediatamente después del trasplante. Generalmente el fenómeno se produce de noche. Los adultos son polillas de color gris o marrón oscuro, con alas anteriores grises oscuras con manchas casi negras; las

posteriores son blancas, translúcidas, con flecos en el borde inferior. El ciclo de vida completo del insecto es de 40 a 55 días; las hembras pueden llegar a ovipositar más de mil huevos durante su vida (figura 72) (Ávila et al. 2000).



Figura 72. Adulto de gusano rosquilla.
Fuente: Chumakov MA, Kuznetsova TL 2009

Los huevos son de color blanco, esféricos, de superficie estriada; los colocan de forma individual o en grandes grupos sobre el suelo húmedo, en las hojas inferiores o sobre los desechos de las cosechas anteriores (Ávila et al. 2000).

Las larvas son cilíndricas, de color café, con marcas claras en el dorso cuando están pequeñas. Luego se van tornando de color negro-gris brillante con una línea dorsal gris pálido y gránulos o tubérculos negros brillantes en cada segmento. Son activas durante la noche y pasan los días ocultos bajo los terrenos o residuos cerca de las plantas. Cuando se perturban, se enrollan como una rosquilla (figura 73) (Ávila et al. 2000).



Figura 73. Larva gusano rosquilla.
Foto: Jorge Jaramillo

Al final de su periodo, la larva construye una cámara en el suelo y allí se transforma en pupa; esta es de color café brillante y mide entre 20 a 30 mm de largo.

Los residuos de cosecha en los cultivos facilitan la supervivencia de los insectos (Londoño 2006b). Los daños causados son más comunes durante las dos primeras semanas del trasplante. El ataque de los trozadores se observa en las plantas porque estas se doblan o son cortadas sobre la superficie del suelo (figura 74); también se notan raspaduras de la corteza en el cuello de la raíz. En las pellas pueden producir perforaciones, pero esto no es muy común (Flórez et al. 2010; Londoño 2006b).



Figura 74. Planta trozada por gusano rosquilla.

Foto: Jorge Jaramillo

Manejo integrado

Es recomendable tomar medidas preventivas antes del trasplante:

- Realizar una buena preparación del terreno.
- Usar materia orgánica bien compostada.
- Incorporar y mezclar bien la materia orgánica, con la debida anticipación a la siembra o trasplante.
- Controlar malezas oportunamente.
- Mantener los bordes del lote limpios de malezas y residuos vegetales.
- Aumentar la cantidad de semillas por unidad de superficie cuando se prevé el ataque de algunas de estas plagas para realizar resiembra posterior al daño.
- Recoger y eliminar todos los residuos de cosecha.
- Utilizar trampas de diferentes tipos para captura de adultos de las plagas en los bordes de las eras o del lote.

En cuanto al control químico, cuando la población es muy alta utilizar, cebos o insecticidas a base de carbaril, clorpirifos y metomil. Aunque posee varios enemigos naturales, cuando la plaga se encuentra en el umbral de daño no hay control biológico capaz de controlarla (Flórez et al. 2010).

Chiza, mojoyoy o cucarrón marceño

El nombre de cucarrón marceño que recibe la *Phyllophaga obsoleta* Blanchard (*Clavipalpus sp. pos. Ursinus*. Coleoptera: Melolonthidae) se deriva de su frecuente aparición durante el mes de marzo. En el oriente antioqueño es la especie más abundante y dañina.

Atraviesa cuatro estados: huevo, larva, pupa y adulto (figura 75). Los adultos tienen las alas amarillo quemado y el pronoto de color marrón. Viven, pueden volar y tienen una duración de hasta 30 días, colocan sus huevos en el suelo, donde permanecen 17 días hasta la eclosión de las larvas (Londoño 2006b).

El estado larval atraviesa tres instares con una duración de 210 días en total. La pupa se encuentra en el suelo en una cámara durante 45 días y el adulto permanece dentro de esa cámara pupal hasta la llegada de las lluvias, cuando atraviesa el perfil del suelo y sale a volar (Londoño 2006b). A partir de ese momento se inicia la infestación. Se ha observado que la acumulación de materia orgánica de animal atrae a los adultos para la postura de los huevos; las larvas son atraídas por raíces tiernas y suculentas (Londoño 2006b).



Figura 75. Adulto y larva de cucarrón marceño.

Foto: Martha Londoño y Jorge Jaramillo

Las larvas consumen las raíces de las plantas y, además, trozan los tallos por el cuello, lo que causa raquitismo y provoca la muerte del vegetal. Los adultos perforan las hojas y las dejan esqueletadas (figura 76) (Londoño 2006b).



Figura 76. Daño en hoja por adulto.
Foto: Jorge Jaramillo

Manejo integrado

Para el manejo de larvas es necesario evaluar la población existente con el fin de determinar la aplicación de un insecticida granular al suelo antes de la siembra, para asegurar el establecimiento del cultivo. Si no se logra, se debe usar un hongo entomopatógeno, como *Metarhizium anisoplaie* o *Beauveria bassiana* (figura 77), los cuales pueden infectar a la larva o al adulto que entre en contacto con ellos. La aplicación de los entomopatógenos se debe realizar siempre sobre suelo húmedo, a primeras horas de la mañana o últimas de la tarde, para que penetren rápidamente y no sean destruidos por la radiación solar.



Figura 77. Adulto de cucarrón marceño afectado por el hongo *Beauveria bassiana*.
Foto: Martha Londoño

En estado de larva, la plaga se puede manejar con la aplicación al suelo de la bacteria *Bacillus popilliae* con una concentración de 24.000 billones de esporas/ha (figura 78)

y el hongo *Metarhizium anisopliae*. Con el uso de estos microorganismos y de las trampas de luz durante tres años seguidos, se puede esperar un control del 95 %. Para la aplicación en campo de los hongos puede usarse arroz infectado; se depositan dos a cuatro gramos en cada sitio de siembra. También puede asperjarse en forma de suspensión líquida; se disuelve el contenido de la botella o bolsa en agua y se agregando un dispersante en proporción 1:100 para separar las conidias y lograr un mejor cubrimiento (Londoño 2006b).



Figura 78. Larva de chiza afectada por la bacteria *Bacillus popilliae*
Foto: Martha Londoño

Como control químico se recomiendan productos a base de clorpirifos. Sin embargo, se ha detectado que, al sentir el producto químico, las larvas migran hacia abajo en el suelo y suben de nuevo cuando el producto se ha desintegrado (Lee y Escobar 2000).

De manera preventiva se recomienda utilizar las trampas de luz ultravioleta (figura 79) y promover con los demás agricultores campañas de captura de los cucarrones. Es una práctica útil para eliminar el número de insectos, que ayuda a disminuir el número de posturas y repercute en menor número de larvas en el suelo. Con cada adulto que se capture se evita la postura de 200-250 huevos (Londoño 2006b).



Figura 79. Trampas luz.
Foto: Martha Londoño

Gusano de la col, anillado, mariposa de la col o del repollo

La *Leptophobia aripa* (Boisduval) (*Ascia monuste*, Lepidoptera: Pyralidae) en su fase adulta es una mariposa con una envergadura de 40 a 45 mm, de color blanco crema con el borde de las alas anteriores de color negro, el cual se expande en forma de una mancha más ancha en el extremo distal; las alas posteriores son de color blanco sin manchas. El insecto tiene hábitos diurnos y es muy ágil (figura 80) (Ávila et al. 2000).



Figura 80. Adulto del gusano de la col.
Foto: Jorge Jaramillo

Los huevos tienen un color que va del amarillo a naranja y tienen forma de bala, alargados, con estrías longitudinales y base circular, por donde se adhiere a la hoja,

en el envés, en grupos de 40 a 80. El periodo de incubación es de cinco días (figura 81).



Figura 81. Huevos y adulto de gusano de la col.

Foto: Martha Londoño

La larva es de color verde y presentan una banda amarilla, longitudinal lateral, bordeada por otras dos muy delgadas y tenues de color verde azulado; la es cabeza amarilla. Cuando alcanzan su desarrollo, miden entre 30 y 45 mm. Tienen hábito gregario en los primeros instares, luego se dispersan por toda la planta y se alimentan principalmente de las hojas exteriores, hasta que quedan esqueletadas. Su periodo larval es de 14 a 18 días; pasan por cinco instares (figura 82) (Ávila et al. 2000).



Figura 82. Larvas del gusano de la col.

Foto: Martha Londoño y Jorge Jaramillo

El color de la pupa es verde claro, similar al de la larva. Tiene más o menos 22 mm de longitud. En la mitad de la pupa se observan dos protuberancias, negras, en forma de cuernos, que corresponden a los bordes negros de las alas anteriores del adulto; tales protuberancias se adhieren a las hojas de las plantas y se sostienen mediante

un hilo de seda que pasa alrededor del tórax (figura 83). Ese estado dura de 6 a 9 días (Ávila et al. 2000).



Figura 83. Pupa gusano de la col.

Fotos: Alegría Saldarriaga y Martha Londoño

Manejo integrado

En general se recomienda un monitoreo constante para observar la presencia de adultos, larvas y huevos. Se debe prestar especial atención cuando aparezcan las primeras posturas sobre el follaje, para controlar las larvitas en sus recién nacidas, antes de que ocasionen mayores daños.

Se recomienda el manejo cuando la infestación se encuentre entre 1 a 3 estados de desarrollo en la planta. Hay que realizar una adecuada preparación del terreno para destruir las larvas y las pupas, y hacer rotaciones de especies con familias botánicas diferentes a las crucíferas (Flórez et al. 2010). Esta plaga es fácilmente manejada con control biológico: *Bacillus thuringiensis* (Dipel polvo 32.000 UI) en dosis de 0,75 g/l.

Falso medidor, mide cuartas

El *Trichoplusia n.* (Lepidoptera: Noctuidae) deposita sus huevos en el envés de las hojas y lo pone uno a uno. El periodo de incubación tarda de tres a cuatro días; los huevos son de forma semiesférica, de color blanco-verdoso recién puestos y van cambiando a gris a medida que transcurre el periodo de incubación (Ávila et al. 2000).

Las larvas son color verde azulado, con una línea blanca delgada a cada lado y dos en la parte posterior, y con un tamaño menor de 1,5 cm. Cuando se mueven, se

arquean; de ahí su nombre de *falso medidor*. La duración de este estado es de 15 a 20 días (Ávila et al. 2000).

La pupa es de color verde claro con líneas o manchas café. Se forma en el envés de las hojas y está cubierta por un capullo de seda, o entre dos hojas de la planta huésped pegadas con seda; la duración de la etapa es de seis a diez días (Ávila et al. 2000).

Los adultos son polillas de hábito es nocturno de color es pardo grisáceo con alas de color blanco plateado; las posteriores tienen una mancha en forma de ocho (8) (Ávila et al. 2000).

El daño se detecta porque primero aparecen manchas traslucidas en el envés de las hojas y luego agujeros, causados por las larvas. Mastican las pellas y pueden detener su crecimiento. Contaminan el producto con excrementos.

Manejo integrado

En primer término, está el control preventivo y cultural. Se recomienda realizar una buena preparación del suelo, lo que contribuye a eliminar pupas y larvas; retirar del cultivo los residuos de cosecha y monitorear constantemente la planta cuando el cultivo esté bien establecido. El umbral de acción es de nueve larvas pequeñas. Sobre el control químico, dentro de los ingredientes activos registrados se encuentran: emamectin, spinetoram, spinosad y metomil.

Muque, cogolleros, trozadores, masticadores

En el cultivo de crucíferas, el *Copitarsia* sp, (Lepidoptera: Noctuidae) tiene gran importancia, especialmente en cultivos de coliflor y repollo. En este último ataca principalmente en la etapa de cabeceo y perfora las dos o tres primeras hojas del repollo. De la coliflor consume el florete en parches, causa daño por una oxidación y, consecuentemente, mancha del producto alimenticio. En brócoli, el daño generalmente es en el follaje y algunas veces afectan la cabeza o pella.

Los adultos de *Copitarsia* sp. miden aproximadamente 35 mm; las alas anteriores son de color oscuro pajizo y las posteriores son claras con manchas oscuras. Son de hábitos nocturnos y tienen una longevidad promedio de nueve días (figura 84). Las hembras ponen los huevos de forma individual (figura 85), por lo que se dificulta la

localización en condiciones de campo; son semiesféricos y reticulados, ubicados sobre hojas y tallos de plantas cultivadas y malezas. El periodo de incubación es de seis a siete días. La larva pasa por seis instares (figura 86). Cuando está completamente desarrolla alcanza una longitud de 35 mm; presenta policromía durante su desarrollo y pasa del verde claro al café oscuro. La pupa es color café y tiene una vida de 25 días (figura 87) (Londoño et al. 2001).



Figura 84. Adulto de *Copitarsia sp.*
Foto: Martha Londoño



Figura 85. Huevos de *Copitarsia sp.*
Foto: Martha Londoño



Figura 86. Larva de *Copitarsia sp.*
Foto: Martha Londoño



Figura 87. Pupa de *Copitarsia sp.*
Foto: Martha Londoño

Babosas

El ciclo de vida de las especies *Deroceras caruanea*, *Milax gagates* (Draparnaud) y *Limax maximus muller* transcurre en el suelo, pero el daño principal lo realizan en el follaje. Los huevos, de color blanco a amarillo grisáceo y translúcidos, de 4-5 mm de diámetro, se encuentran en grupos pegados de 20-100 por una mucosa. El periodo de incubación dura de 20-30 días, o algunos meses si las condiciones no son favorables. Los estados inmaduros son iguales a los adultos en morfología y hábitos; alcanzan su madurez en dos o cinco meses.

Los adultos son hermafroditas, se auto fertilizan, aunque también se presenta la fertilización cruzada. Por lo general son de color café, el cuerpo es blando, de consistencia mucosa, sin patas y reptan; dejan un rastro de baba por donde se

desplazan. Viven de 12 a 18 meses y pueden llegar a medir más 50 mm de longitud (figura 88) (Ávila et al. 2000).



Figura 88. Adulto babosa.

Foto: Alegría Saldarriaga

Las babosas son activas durante la noche, principalmente después de lluvias o de aplicar el riego. La humedad en general y la presencia de charcos favorece su aparición. Durante el día permanecen ocultas debajo de piedras, hojarasca húmeda, terrones del suelo, madera en descomposición y zonas internas de hojas envainadoras (Londoño 2006b).

Cuando hay días de sol se observa la presencia de hilos sedosos o huellas brillantes en el tejido vegetal; se alimentan de la lámina foliar, de los tallos tiernos y pueden consumir toda la hoja. Contaminan el producto con excrementos (Flórez et al. 2010).

Manejo integrado

El cultivo debe contar con un buen drenaje; hay que eliminar charcos y retirar el agua de zonas muy húmedas, porque son lugares propicios para la multiplicación de babosas.

El riego por goteo es una estrategia útil porque evita la acumulación de humedad en el cultivo. Se indica desterronar el suelo durante su preparación para eliminar los sitios de resguardo y usar costales de fique húmedos para colocarlos por la tarde en los lugares donde ellas se encuentran; esto ayuda a que se concentren en el lugar por ser atraídas por la humedad y allí se puedan controlar mediante la aplicación de sal. Esparcir cenizas de leña en las zonas donde han sido detectadas, ayuda a desecarlas porque se impide su movimiento, lo que las expone a la deshidratación y posterior a la muerte. La cal agrícola también tiene la acción desecadora (Londoño 2006b).

Se recomienda la utilización en el suelo o en los órganos afectados de cebos tóxicos a base de metaldehído. Entre los controladores biológicos se encuentran las lagartijas, los pájaros y los sapos (Flórez et al. 2010).

Insectos chupadores en el cultivo de brócoli

Pulgón ceroso de las crucíferas

El *Brevicoryne brassicae* (Homoptera: Aphididea) es un insecto muy pequeño, de cuerpo blando, de color verde grisáceo y cubierto con una sustancia cerosa de color blanco (figura 89). De hábito gregario, se encuentra en colonias numerosas en el envés de las hojas, donde secreta sustancias melosas que imprimen mal aspecto al follaje. Hay individuos sin alas y otros con cuatro alas membranosas y transparentes (Universidad... s. f.; Londoño 2006b).



Figura 89. Pulgón ceroso de las crucíferas.

Foto: Alegría Saldarriaga

Las condiciones secas con baja precipitación favorecen el incremento de la población (Londoño 2006b). Los daños los producen los adultos y las ninfas; afectan principalmente las hojas y las inflorescencias, pues succionan la savia de los tejidos y provocan clorosis, deformación y debilitamiento de la planta (Flórez et al. 2010).

Manejo integrado

Se recomienda eliminar las plantas que se encuentren afectadas y monitorear dos veces a la semana sobre todo cuando se estén formando las pellas, especialmente en

tiempos secos. También hay que retirar los residuos de cosecha y eliminar las plantas hospederas. Como control químico se recomienda rotar los siguientes ingredientes activos: acetamiprid, flonicamid, spirotetramat, clorpirifos e imidacloprid.

Áfido verde o pulgón verde

El *Myzus persicae* (Aphididae: Homoptera) se transporta por el viento y ataca una amplia gama de cultivos. En países tropicales su reproducción es por partenogénesis de las hembras vivíparas. Los adultos pueden ser alados o ápteros. Los primeros tienen el abdomen de color amarillo a verde, con la cabeza y el tórax negro y un tamaño de 1,8 a 2,1 mm; los segundos son de color amarillo a verde y de una longitud de 1,7 a 2,0 mm. Segregan una sustancia azucarada que puede bajar la calidad de las pellas. Se alimentan de la savia de los órganos afectados y forma puntos amarillos, cloróticos; este es el principal daño que ocasionan. Producen encrespamiento de hojas y limitan el crecimiento de las plantas (Flórez et al. 2010).

Manejo integrado

Los controles son preventivo y cultural. Se hacen fertilizaciones nitrogenadas controladas porque se debe evitar excesos en la aplicación. Se usan trampas de color amarillo para monitoreo de la plaga y se eliminan los hospederos. Los pulgones crean resistencia a los insecticidas muy fácilmente; se reportan casos con los organofosforados, piretroides y carbamatos. Los ingredientes activos recomendados son: acetato, acetamiprid, flonicamid, spirotetramat y clorpirifos; también se puede usar sustancias jabonosas.

En cuanto al control biológico reportado, son efectivos insectos de la familia Coccinellidae, Syrphidae, Chrysopidae y Braconidae, disponibles en el país. De igual modo, los parásitos *Lysiphlebus testaceipes*, *Aphidius matricariae*, *Aphelinus semiflavus* y *Diaeretiella rapae* han funcionado, como los controladores entomopatógenos como *Verticillium lecanii* (Flórez et al. 2010).

Los productores de brócoli del oriente y del norte de Antioquia relacionan algunos problemas en la producción por la presencia de trozadores (*Agrotis ipsilon*) y la polilla dorso de diamante (*Plutella xylostella*) en un 56.66 %; babosas (*Deroceras caruanae*, *Milax gagates*, *Limax maximus muller*) en un 50 %, y chizas (*P. obsoleta*) en un 33,33 %. Los ingredientes activos más utilizados son: atril, metaldeido, cypermetrina, fipronil, furadan, curacron, fluberdiamide, clorpirifos.

Capítulo VII

Manejo integrado de enfermedades

El manejo integrado de las enfermedades se fundamenta en la selección y uso de diferentes prácticas y métodos para ser aplicados al cultivo de forma apropiada, oportuna y compatible, con el propósito de disminuir las poblaciones de patógenos, de tal forma que se mantengan en un nivel que no ocasione pérdidas económicas en la producción.

Las plantas se encuentran sanas cuando cumplen con todas sus funciones fisiológicas, hasta donde lo permite su potencial genético, y presentan una enfermedad cuando una o varias de sus funciones son alteradas por organismos patógenos o por determinadas condiciones del medio (Agrios 2005).

Para la clasificación de las enfermedades de las plantas se tiene como base el organismo que las origina. Así, unas son infecciosas o bióticas, entre éstas las ocasionadas por hongos, bacterias, virus, viroides, nematodos, fitoplasmas y protozoos, y otras no infecciosas o abióticas, causadas por excesos o defectos de condiciones ambientales, toxicidad por agroquímicos o prácticas culturales mal realizadas (Agrios 2005).

En las plantas, los patógenos causan enfermedades mediante:

1. El debilitamiento del hospedante, a causa de la absorción continua de nutrientes por parte del patógeno.
2. La alteración o inhibición del metabolismo de las células del hospedante debido a la secreción de toxinas, enzimas o sustancias reguladoras del crecimiento.
3. El bloqueo de la translocación de nutrientes minerales, agua y sustancias elaboradas a través de los tejidos conductores.
4. El consumo del contenido de las células del hospedante, con las que entra en contacto el patógeno.

Cuando las enfermedades son causadas por factores ambientales, se deben a cambios extremos en las condiciones que necesitan las plantas para vivir (temperatura, humedad, luz, excesos o deficiencias de sustancias químicas) (Agrios 2005).

Para el manejo integrado de las enfermedades, es fundamental realizar el diagnóstico del agente causal de la enfermedad, lo que permite definir cuál es la mejor estrategia

de manejo que se debe implementar. Para que esto se pueda cumplir, es necesario consultar sobre las enfermedades y problemas más importantes del cultivo; en general, para un buen control de enfermedades, se debe elaborar un programa que considere la integración de todas las posibilidades de control, para tener un uso racional de los productos fitosanitarios, causar un mínimo impacto ambiental y económico, y obtener alimentos más inocuos.

Lo anterior implica considerar lo siguiente:

- Conocer la historia del lote, para evaluar si hay presencia de patógenos u otros agentes contaminantes, que pongan en riesgo el cultivo a establecer.
- Seleccionar terrenos con suelos livianos, con buena capacidad de drenaje. En suelos pesados, evitar riegos en exceso.
- Utilizar variedades resistentes a enfermedades causadas por hongos, bacterias y virus.
- Usar semillas sanas. Si no se tiene certeza de la sanidad, se debe aplicar tratamiento de desinfección según las recomendaciones de un técnico capacitado.
- Monitorear constantemente el cultivo; eliminar aquellos vegetales que presenten síntomas de enfermedades de alto riesgo para la plantación.
- Diseñar un régimen nutricional e hídrico adecuado a los requerimientos de la planta.
- Desmalezar con frecuencia el cultivo para eliminar hospederos alternantes de las enfermedades.
- Desinfestar las herramientas continuamente.
- Evitar la sobrefertilización nitrogenada para no tener un desarrollo vegetativo excesivo.
- Eliminar los restos vegetales para controlarlas fuentes de inóculo de diferentes enfermedades.
- Realizar rotación del cultivo con el fin de cortar los ciclos de los patógenos que quedan en el suelo de un año a otro (Jaramillo y Ríos 2007).

El manejo integrado de las enfermedades en el brócoli incluye prácticas culturales, control biológico, uso racional de insumos químicos y de materiales con resistencia genética a las enfermedades.

Como el manejo de las enfermedades debe ser preventivo, en la planeación del cultivo es recomendable diseñar medidas que permitan reducir la entrada de patógenos en las diferentes etapas fenológicas de desarrollo.

Manejo químico

El manejo químico debe ser el complemento de otras medidas. el tipo de producto que se va a aplicar depende del organismo identificado en el diagnóstico, del estado del ciclo de vida en el que se encuentre el patógeno y del grado de progreso de la enfermedad; con base en esto se utiliza un producto con acción preventiva, curativa o erradicativa. Otros factores para valorar son: la tecnología de aspersión que se va a utilizar, la calibración del equipo, el lugar de la planta donde se debe aplicar el producto, la categoría toxicológica, los periodos de carencia (tiempo entre la aplicación y la cosecha) y reingreso (tiempo entre la aplicación y el reinicio de las labores del cultivo) (Jaramillo et al. 2013).

Uso de coadyuvantes para mejorar la eficiencia de los plaguicidas

Generalmente, en el manejo de plagas, enfermedades y malezas, los manuales técnicos no hacen referencia a este tipo de productos que tienen un papel fundamental en mejorar la eficacia de los plaguicidas. En el caso de las crucíferas — especies botánicas que se caracterizan por tener hojas bastante cerosas— al aplicar agroquímicos, si no se adiciona un coadyuvante tipo adherente, es muy factible que las gotas no se fijen al follaje y rueden sobre este hasta el suelo, con lo que se pierde el objetivo de la aplicación. A continuación, se explica brevemente la función de los coadyuvantes hipotensores, portadores, humectantes, acondicionadores y adherentes.

La actividad de un plaguicida (herbicida, fungicida o insecticida) está determinada fundamentalmente por la sensibilidad del organismo, la concentración, la distribución del ingrediente activo en el objetivo y la capacidad que tenga tal ingrediente para superar las barreras físicas y químicas del organismo en cuestión, sea planta, hongo o insecto. Un plaguicida por sí solo no logra desarrollar todo su potencial tóxico, a menos que esté acompañado de sustancias, llamadas aditivos, que mejoren su estabilidad en el vehículo de aspersión con el que se mezcla —por lo general, agua— y su distribución en la superficie objetivo (Underwood2000, citado por Moreno s. f.). La molécula del plaguicida por sí sola debe tener la capacidad de atravesar la superficie a la cual va a ser aplicada; sin embargo, buena parte de las moléculas plaguicidas tienen poca capacidad para ello.

El desarrollo de formulaciones de plaguicidas tiene en cuenta las esas limitaciones de penetración y para subsanar la debilidad se acude a aditivos de formulación, muchos de ellos tensoactivos, cuya función básica es lograr dispersar, emulsificar o estabilizar el ingrediente activo en el vehículo de aplicación (agua), y mejorar la penetración de la molécula plaguicida en la superficie objetivo. (Devineet al. 1993, citado por Moreno s. f.).

No obstante, la mejoras en la absorción y penetración de los ingredientes activos logradas con el uso de aditivos en la formulación de los plaguicidas, en la mayoría de los casos la adición de productos coadyuvantes en el tanque de mezcla mejora sustancialmente la acción biológica de los plaguicidas, ya sea por acción sobre el acondicionamiento del agua, por incremento en la absorción y penetración del ingrediente activo o por la mayor retención de la aspersion aplicada, entre otras. De lo anterior se deduce que los plaguicidas por sí mismos no contienen los componentes necesarios en las cantidades requeridas para un máximo desempeño en campo (Underwood 2000, citado por Moreno s. f.).

Se llaman coadyuvantes de formulación aquellos que se añaden al ingrediente activo y se denominan coadyuvantes de mezcla a los que se incorporan al tanque de aspersion, con el fin de mejorar la eficacia del plaguicida o su estabilidad y propiedades químicas.

Los coadyuvantes de mezcla, se clasifican, según la American Society of Testing Materials (ASTM), en dos tipos principales:

- Activadores, los cuales mejoran la actividad biológica de los agroquímicos.
- Utilitarios, aquellos que modifican las características físicas de la mezcla de aspersion para mejorar su eficacia.

En el grupo de los activadores, se encuentran los productos:

Hipotensores. En este grupo están productos extensores, humectantes, y penetrantes, cuya función básica es disminuir la tensión superficial del agua y mejorar el cubrimiento y la uniformidad de la aspersion.

Portadores. Son coadyuvantes con base en aceites minerales o vegetales, que tienen un efecto fisicoquímico de protección sobre el ingrediente activo del agroquímico al formar una emulsion de aceite en agua que aísla los agentes lipofílicos

(aceites y compuestos orgánicos entre ellos los ingredientes activos) de los componentes hidrofílicos (agua, sales, sustancias inorgánicas). Así se evita el posible efecto deletéreo del agua sobre el ingrediente activo. Por otra parte, los portadores mejoran la penetración del ingrediente activo en el objetivo, por efecto de afinidad lipofílica entre el vehículo de la aspersión (aceite de la emulsión) y las sustancias cerosas de las cutículas de las plantas, los insectos y los hongos (Devine et al. 1993 y Underwood 2000, citados por Moreno s. f.).

Acondicionadores. Están clasificados como coadyuvantes utilitarios. Pertenecen a este grupo los reguladores de pH, acidificantes y reductores de dureza del agua. La actividad de estos productos se centra en mejorar las propiedades químicas del agua de aspersión, especialmente el pH, pues está demostrado que estos dos factores influyen negativamente sobre la estabilidad y actividad de biológica de los ingredientes activos de los agroquímicos.

Adherentes. Son coadyuvantes con base en polímeros que forman una película que se adhiere a la superficie foliar, lo cual evita el lavado del ingrediente activo en caso de lluvia y lo protege de condiciones ambientales adversas como altas temperaturas (evaporación), alta radiación solar (fotodegradación), entre otras.

Manejo biológico

Se ha avanzado en el estudio de la capacidad de una serie microorganismos con potencial como antagonistas de algunos patógenos, y de varios metabolitos que pueden inducir resistencia en la planta a algunas enfermedades. Entre los microorganismos más usados para el desarrollo de productos biológicos se encuentran *Trichoderma* spp., *Gliocladium* spp., *Pseudomonas* spp., *Bacillus subtilis*, *Paecilomyces lilacinus*, por mencionar algunos.

Manejo cultural

Es la suma de todas las prácticas agronómicas encaminadas a la reducción de las fuentes de infección para evitarlas condiciones apropiadas para el desarrollo de las enfermedades y la diseminación de patógenos (Jaramillo et al. 2013).

Manejo genético

Se basa en el empleo de genotipos comerciales a los que se les han incorporado genes de resistencia a algún patógeno (Jaramillo et al. 2013).

Enfermedades causadas por hongos

Los hongos son organismos que causan diversas enfermedades en las plantas que se manifiestan a través de síntomas como marchitamiento, necrosis, mildew, hipertrofia e hiperplasia en los diferentes órganos o tejidos de las plantas afectadas. Estos patógenos parasitan la planta y hacen que no produzca de acuerdo con su potencial genético (Castaño y Del Rio 1997).

Pudriciones radicales, pata seca, *damping-off*, salcocho

Son enfermedades ocasionadas por diferentes patógenos, entre estos *Rhizoctonia solani*, *Pythium* sp. y *Fusarium* sp., que parasitan las raíces causándoles pudrición o desintegración de una parte o de todo el sistema radical, lo cual ocasiona la muerte rápida y colapso de plantas jóvenes que se cultivan en el campo o en el almácigo.

Generalidades

Los ataques de los patógenos *Rhizoctonia solani*, *Pythium* sp. y *Fusarium* sp. pueden ser simultáneos. Los favorecen las altas densidades de siembra, los suelos encharcados y las temperaturas entre 18 y 24 °C se diseminan a través del agua de riego, semilleros enfermos y herramientas contaminadas. Estos microorganismos persisten en el suelo durante muchos años, aún bajo condiciones adversas o en ausencia de plantas susceptibles en forma de clamidosporas, como es el caso de *Fusarium* sp. (Tamayo 2006b).

Síntomas

Los síntomas que señalan la presencia del *damping off* son: amarillamiento, quemazón y marchitez de hojas, y doblamiento, caída y muerte de las plántulas. Esto ocurre porque dichos patógenos estrangulan la base de la planta. Las plántulas manifiestan además necrosis de las de las raíces (Tamayo 2006b) (figura 90).



Figura 90. Daño por pudrición radical o *damping off* en plantas de brócoli
Foto: Pablo Tamayo

En ocasiones se presenta el ataque del hongo en campo, porque la infección ya viene desde el semillero. En este caso las plantas mueren entre la primera y la segunda semana de trasplante. Los síntomas comienzan con marchitez leve y clorosis de las hojas externas; posteriormente ocurre la muerte (Tamayo 2006b).

Manejo integrado

El manejo integrado involucra la selección y uso de prácticas y métodos en forma apropiada y oportuna, con el propósito de disminuir las poblaciones de organismos patógenos para que se mantengan en un nivel que no produzcan pérdidas económicas en los cultivos.

Control preventivo y cultural

El suelo empleado para los semilleros debe proceder de lotes donde no se tengan antecedentes con los patógenos que se han descrito. Antes de la siembra, el suelo debe ser sometido a un tratamiento de solarización húmeda durante 30 a 45 días e inoculación con hongos biocontroladores del género *Trichoderma* sp, al momento de la siembra, 8 días antes de la germinación y 8 días antes del trasplante definitivo a campo. Al momento del trasplante se deben seleccionar plantas sanas para llevar a campo. Cuando la infección se presenta en campo, hay que retirar y eliminar plantas enfermas para disminuir focos de infección.

Control químico

Es importante desinfectar los cuartos de almacenamiento, las bandejas de siembra y las canastillas de transporte y comercialización del brócoli, mediante aspersion o inmersión con productos a base de hipoclorito de sodio al 1 o 2 %, o yodo agrícola. El

suelo empleado para semillero se debe someter a un tratamiento con productos a base de dazomet. También se pueden efectuar aplicaciones dirigidas al suelo con productos a base de propamocarb, mancozeb, iprodione, pencycuron. Se debe tener en cuenta que estas aplicaciones de fungicidas al suelo no son compatibles, o no se deben realizar, cuando se trabaja con solarización húmeda o con aplicaciones de agentes de biocontrol como el *Trichoderma* sp (Tamayo 2006b).

Hernia de las crucíferas

Es una enfermedad ocasionada por el patógeno *Plasmodiophora brassicae*.

Generalidades

La hernia de las crucíferas también se conoce con el nombre común de raíz de yuca, es una de las enfermedades más importantes de las crucíferas y ocasiona pérdidas severas. El agente causal se considera protista (Adlet et al. 2005 citado por Flórez et al. 2010). Cuando la enfermedad inicia en el semillero, las pérdidas en las plántulas son altas durante el trasplante; cuando ocurre en la etapa de desarrollo, no hay una adecuada formación de las cabezas. Se estima una disminución del rendimiento en los cultivos del 20 al 50 % (Tamayo 2006b). El patógeno se disemina a partir de campos contaminados que son focos de inóculo; de ellos se puede trasladar suelo contaminado a otros lugares por medio de maquinaria, operarios, plántulas y por el viento (Cucuzza et al.1999; Flórez et al. 2010).

En los suelos, el patógeno puede subsistir hasta por 10 años en ausencia de cultivos susceptibles. Los suelos ácidos y las temperaturas ambientales entre 20 y 23°C favorecen la infección en condiciones de campo. Puede infectar diferentes malezas como bolsa de pastor, calzoncito, empanaditas, maleticas, pan con queso, zurrón del pastor o yerba del puerco y alpiste (Cucuzza et al.1999; Tamayo 2006b).

Síntomas

Cuando los niveles de inóculo son altos en semilleros, las semillas presentan pudrición. Los síntomas se pueden manifestar en las raíces, donde se observan agallas y tumores en el cuello del tallo y en las raíces mismas (figura 91).



Figura 91. Plántula afectada por hernia de las crucíferas.

Foto: Jorge Jaramillo

En campo, las plantas afectadas presentan un tamaño más reducido en comparación con las sanas, y exhiben marchitamiento foliar cuando hay días calurosos o en horas del mediodía (figura 92); se tornan de color verde pálido a amarillo. Cuando la incidencia y la severidad son altas, se puede presentar marchitez del total de las plantas establecidas (Cucuzza et al.1999; Tamayo 2006b).



Figura 92. Marchitamiento de hojas por hernia de las crucíferas.

Foto: Jorge Jaramillo

Las plantas afectadas presentan tumores pequeños en las raíces absorbentes y grandes en las raíces principales (figura 93). Los tumores al principio son lisos y luego se tornan rugosos, se oscurecen, se pudren y producen emanaciones con mal olor.



Figura 93. Tumores en las raíces causados por la hernia de las crucíferas.
Foto: Jorge Jaramillo

La hernia de las crucíferas deforma la raíz (figura 94), lo que impide parcialmente la absorción de agua y nutrientes. Con esto, se limita el crecimiento y el desarrollo de la planta (Tamayo 2006b).



Figura 94. Malformaciones en la raíz.
Foto: Jorge Jaramillo y Alegría Saldarriaga

Manejo integrado

El manejo de esta enfermedad se fundamenta en la prevención de la llegada y el establecimiento del patógeno en los campos que se cultivan con crucíferas.

Control preventivo y cultural

Para que sea efectivo este tipo de control se recomienda:

- Conocer el historial del lote para saber si ha tenido antecedentes de la hernia. Cuando se encuentren lotes infectados, no sembrar crucíferas en ellos.
- Rotar con cultivos de especies diferentes de las crucíferas como solanáceas (pimentón, papa), leguminosas (frijol, arveja, habichuela), cereales (maíz, cebada, trigo, pastos) y otras hortalizas (zanahoria, remolacha, apio, cilantro, cebolla, espinaca, perejil).
- Monitorear constantemente el cultivo y los alrededores.
- Utilizar semilla certificada.
- Comprar las plántulas en los semilleros o viveros certificados por el ICA.
- Retirar del cultivo y de los alrededores las arvenses de la familia de las crucíferas.
- Mantener el suelo bien drenado y preferir lotes con pH de alrededor de 7,2 para desfavorecer la germinación de las esporas del patógeno.
- Las plantas infectadas se deben retirar del cultivo cuando se encuentren (figura 95), y quemarse; no se deben incorporar al lote o al compostaje.



Figura 95. Retiro del lote de plantas enfermas por hernia de las crucíferas.
Foto: Jorge Jaramillo

- Tomar medidas estrictas de higiene; evitar trasladar el suelo contaminado en maquinaria, herramientas, agua de riego, botas de operarios (cuando exista sospecha de la enfermedad en un lote, se debe lavar y desinfectar la maquinaria y herramientas con hipoclorito) (Flórez et al. 2010).

Control químico

No existe un control químico efectivo para el manejo de la hernia de las crucíferas (Flórez et al. 2010).

Mancha de alternaria

Esta enfermedad es ocasionada por los hongos *Alternaria brassicae* y *Alternaria brassicicola* (Flórez et al. 2010).

Generalidades

Los patógenos *Alternaria brassicae* y *A. brassicicola* producen manchas oscuras en las hojas. Afectan las semillas, las plántulas y las pellas; por lo general no causan pérdidas considerables (Flórez et al. 2010). Factores como las lluvias constantes y las temperaturas entre 15 y 21 °C favorecen el desarrollo de la enfermedad. Ambos patógenos pueden sobrevivir en forma de micelio en los residuos de cosecha y se diseminan por el salpique del agua. Se transmiten en las semillas y sobreviven en las malezas de la familia de las crucíferas como el alpiste (*B. rapa* L.) (Cucuzza et al. 1999; Tamayo 2006b).

Síntomas

El hongo infecta las hojas más viejas y ocasiona lesiones de color café claro, de 0,6-1,2 mm de diámetro que crecen formando anillos concéntricos (figura 96). Posteriormente se tornan de color café oscuro a negro y presentan perforaciones en el centro (figura 97). En la pella causa una pudrición húmeda de olor desagradable, que deteriora la cabeza rápidamente (Tamayo 2006b; Flórez et al. 2010).



Figura 96. Síntomas de la mancha de alternaria.

Fotos: Jorge Jaramillo y Alegría Saldarriaga



Figura 97. Lesiones perforadas por mancha alternaria.

Fotos: Jorge Jaramillo

Manejo integrado

Para el manejo integrado de esta enfermedad se requiere la implementación de medidas preventivas, entre estas el uso de semillas de buena calidad sanitaria, la rotación de cultivos, el monitoreo del cultivo para la detección temprana y la aplicación oportuna de las medidas de control de la enfermedad.

Control preventivo y cultural

Utilizar semillas libres del patógeno y retirar los residuos de cosecha afectados por la enfermedad (Tamayo 2006b; Flórez et al. 2010).

Control químico

Entre los ingredientes activos recomendados para el manejo de la enfermedad se consideran: iprodione, clorotalonil, tebuconazole y azoxystrobin (Flórez et al. 2010).

Mildeo veloso

Esta enfermedad es ocasionada por el patógeno *Peronospora parasitica* (Flórez et al. 2010; Tamayo 2006b).

Generalidades

Es una enfermedad de importancia económica en semilleros, por lo cual es fundamental iniciar con un manejo preventivo para evitar que sea limitante en la producción en campo. Las condiciones para el desarrollo de la enfermedad se presentan cuando hay una humedad relativa alta en el ambiente, lluvias frecuentes y temperaturas frías (10 a 18 °C). En semilleros se ve favorecida por el riego por aspersión y densidades de siembra altas. Este patógeno también infecta las malezas de la familia de las crucíferas como bolsa de pastor, empanaditas, maleticas, pan con queso, zurrón del pastor o yerba de puerco, alpiste y agrión. El patógeno se disemina por el viento y el salpique del agua durante las lluvias (Tamayo 2006b).

Síntomas

La enfermedad se presenta en cualquier etapa de desarrollo del cultivo. En las plántulas, se manifiesta en los cotiledones y en las primeras hojas, en las que se forman manchas pequeñas de 0,5 a 1 cm., con bordes irregulares, cloróticas por el haz (figura 98) y con un crecimiento veloso, de color blanco-grisáceo visible por el envés (figura 99). Las plantas jóvenes pueden morir (Tamayo 2006b; Flórez et al. 2010).



Figura 98. Lesiones de *Peronospora* en el haz de hojas.

Fotos: Jorge Jaramillo



Figura 99. Lesiones de *Peronospora* en el envés de las hojas.

Fotos: Jorge Jaramillo

En campo, las plantas afectadas presentan manchas irregulares de color amarillo en el haz de las hojas, y por el envés, justo debajo de las manchas, se observan lesiones grises sobre las cuales ocurre el crecimiento de micelio de color blanco-grisáceo. Si la severidad de la enfermedad es alta, las hojas mueren y los tallos pueden manifestar síntomas (Flórez et al. 2010). La enfermedad también puede afectar las pellas; haciendo que dejen de ser aptas para la comercialización (Cucuzza et al.1999).

Manejo integrado

Se fundamenta en la implementación de medidas preventivas y la realización de prácticas culturales oportunas.

Control preventivo y cultural

En semilleros, se deben evitar densidades de siembra altas, moderar el riego foliar y utilizar semillas certificadas. En campo, hay que realizar rotaciones con cultivos diferentes de las crucíferas, adquirir plántulas en empresas registradas por el ICA, eliminar plantas hospederas y efectuar monitoreo para la enfermedad dos veces por semana (Tamayo 2006b; Flórez et al. 2010).

Control químico

El umbral de acción se determina cuando aparecen los primeros síntomas. Entre los ingredientes activos para el control se consideran: azoxystrobin, mfenoxam, clorotalonil, hidróxido de cobre, oxiclورو de cobre, sulfato de cobre y fosetil aluminio (Flórez et al. 2010).

Enfermedades causadas por bacterias

Las bacterias fitopatógenas son microorganismos que pueden ocasionar enfermedades a las plantas. Estos patógenos se manifiestan a través de diferentes síntomas que incluyen: amarillamiento de áreas foliares, marchitamiento, lesiones foliares, agallas, pudriciones (Castaño y Del Rio 1997).

Pudrición negra, quemazón bacteriana, borde de oro

Esta enfermedad es ocasionada por la bacteria *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* (Fórez et al. 2010; Tamayo 2006b).

Generalidades

La bacteria *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* penetra la planta a través de las heridas causadas por los insectos y por el hombre, o por las aberturas naturales que tienen las hojas. Las condiciones favorables para el desarrollo de la enfermedad son humedad relativa alta (mayor al 70 %) y temperaturas entre 15-21 °C. La bacteria se dispersa por el salpique del agua lluvia, corrientes de agua o insectos, y además puede hibernar en las semillas o en los residuos de cosecha (Tamayo 2006b; Flórez et al. 2010). Sobrevive en los residuos de cultivos que se encuentren en descomposición y en malezas de la familia de las crucíferas como el alpiste (*B. rapa* L.), la mostaza negra (*B. nigra* L.) y el lepidium (*Lepidium* sp.) (Cucuzza et al.1999; Tamayo 2006b).

Síntomas

La enfermedad se presenta en cualquier estado de desarrollo del cultivo. En semillero afecta las hojas lo que provoca amarillamiento. En campo, los síntomas se inician en las hojas exteriores que manifiestan una leve clorosis en el margen de las hojas (figura 100), el tejido se va transformando de amarillo a amarillo marrón y la lesión se extiende desde el borde hacia el centro de la hoja; las hojas afectadas se vuelven de color marrón y luego mueren. En estados avanzados la sintomatología se extiende desde las hojas afectadas hasta el tallo principal; allí se puede distinguir el sistema vascular oscuro (Cucuzza et al.1999; Tamayo 2006b).



Figura 100. Borde de oro en hojas.

Fotos: Jorge Jaramillo y Alegría Saldarriaga

Manejo integrado

Dado el carácter sistémico de esta enfermedad y su forma de diseminación es muy importante el uso de semillas o plántulas libres del patógeno y la rotación de los cultivos cuando se ha presentado infecciones en campo, además de la implementación oportuna de las medidas de control cuando se detectan los primeros síntomas en campo.

Control preventivo y cultural

Usar semillas de buena calidad sanitaria —libres del organismo de la pudrición negra—, rotar cultivos con especies diferentes de las crucíferas, mantener los campos limpios de arvenses hospedantes de la enfermedad, evitar daños mecánicos ocasionados por personas durante las labores del cultivo, y retirar los residuos de la cosecha y destruirlos fuera del cultivo (Cucuzza et al.1999; Tamayo 2006b).

Control químico

Se aconseja desinfectar por medio de aspersion los cuartos de almacenamiento, las bandejas de siembra y las canastillas en las que se transporta o comercializa el brócoli. Para ello se usan productos a base de hipoclorito de sodio al 1 o 2 % o yodo agrícola. Cuando se observen los primeros síntomas de quemazón en el campo, se recomienda realizar aspersion foliar con productos a base de oxiclورو de cobre + mancozeb, oxiclورو de cobre, hidróxido cúprico (Tamayo 2006b).

Enfermedades causadas por nematodos

Los nematodos causan lesiones principalmente en las raíces de plantas e introducen enzimas y sustancias tóxicas que alteran las células, lo que afecta los procesos de toma de nutrientes y agua, e inciden de manera negativa en el normal desarrollo y rendimiento de las plantas.

Nematodos del nódulo, nematodos del nudo, *Meloidogyne* sp.

Los nematodos del nódulo *Meloidogyne* sp., son de importancia para el cultivo, principalmente cuando las infecciones se inician desde los semilleros (Tamayo 2006b).

Generalidades

Los nematodos del nódulo (*Meloidogyne* sp.) son parásitos de las raíces de cientos de especies vegetales. Las hembras depositan los huevos que eclosionan en larvas, que, a su turno, sufren mudas hasta convertirse en adultos.



Figura 101. Daño por nematodo en raíz de plántula de brócoli.
Fotos: Pablo Tamayo

Las larvas entran por cualquier parte vegetal en contacto con el suelo húmedo, pero principalmente por la punta de los pelos absorbentes, ya que su estilete no es muy

vigoroso. Una vez se aloja en los tejidos, no se mueven ni cambian de situación. Si la planta es un huésped adecuado, las hembras depositan huevos después de 20-30 días de haber penetrado como larvas (Syngenta c2015). Se ha observado que la especie *M. hapla* afecta el brócoli en Antioquia. Estos organismos son problemáticos para el cultivo cuando las infecciones se inician en los semilleros (Tamayo 2006b).

Daños

El daño más característico se presenta en las raíces secundarias y primarias, las cuales se encuentran hinchadas, con agallas o nudos (figura 101) y con llagas. En algunas raíces no se desarrollan llagas, pero el crecimiento de las puntas se detiene y da lugar al desarrollo de nuevas raíces sobre los tejidos afectados (Flórez et al. 2010). Al alimentarse el nematodo en los tejidos de la planta, causa una herida con el estilete y deposita en la saliva enzimas y sustancias tóxicas a la planta, las cuales disuelven las paredes de las células haciendo que el contenido celular fluya al exterior y el nematodo se alimenta de él; en respuesta, las células de la planta se agrandan anormalmente y la división celular se altera. Las plantas afectadas pueden manifestar retraso en el crecimiento, pérdida de vigor y síntomas de deficiencias nutricionales (Castaño y Del Rio 1997).

Manejo integrado

Iniciar el cultivo con plántulas seleccionadas, de buena calidad, que no presenten síntomas de nematodos. Los lotes en los que se va a establecer el cultivo deben ser verificados y valorados en cuanto a las poblaciones de estos patógenos y descartar los que presenten altas poblaciones de nematodos que puedan afectar la producción.

Control preventivo y cultural

El manejo de estos organismos debe ser preventivo. Es fundamental la elaboración del semillero, sin usar suelo procedente de campos que hayan tenido afecciones por nematodos. Se debe determinar la presencia de la plaga mediante análisis de laboratorio. Se puede realizar tratamiento físico o químico al suelo para el semillero, para reducir las poblaciones del nematodo (Tamayo 2006b). Antes de llevar las plantas al campo, realizar inspección en su sistema de raíces para descartar aquellas que presenten síntomas de la presencia del nematodo. En el cultivo establecido se recomienda fertilizar adecuadamente y aplicar buena materia orgánica; eliminar residuos de cosecha, evitar el paso de agua, animales u operarios infestados. Por el alto número de hospederos, la rotación de cultivos no es eficiente (Tamayo 2006b; Flórez et al. 2010).

Control químico

El control químico no es muy eficaz y los productos son altamente tóxicos para el medio ambiente (Flórez et al. 2010).

Enfermedades abióticas

Las enfermedades abióticas son las ocasionadas por factores diferentes de organismos, y, por ende, no pueden ser transmitidas de una planta enferma a una sana. Son ocasionadas por temperaturas muy altas o muy bajas, deficiencia de nutrientes, falta o exceso de humedad en el suelo, toxicidad mineral, falta o exceso de luz, acidez o alcalinidad del suelo (pH), falta de oxígeno, toxicidad por los plaguicidas, contaminación atmosférica o prácticas agrícolas inadecuadas, que alteran los procesos fisiológicos de las plantas. El manejo de las enfermedades no infecciosas debe ser preventivo. El propósito es brindar a la planta las condiciones ambientales que necesita para su desarrollo y evitar condiciones extremas que alteren su normal fisiología (Jaramillo et al. 2013).

Planta macho, planta ciega

Esta anomalía se refiere a una planta que no presenta la yema terminal (figura 102) y, por lo tanto, no producirá una pella comercial. Las bajas temperaturas, principalmente por condiciones de baja radiación solar, favorecen la aparición de plantas ciegas o machos una vez la semilla ha germinado. Se puede detectar este desorden en la fase de semillero.

También se presenta por el mal manipuleo de las plantas, por el daño de insectos en la etapa de semillero o durante el trasplante si se causa el rompimiento de la yema terminal. Se recomienda establecer los semilleros en condiciones de invernadero, donde se puedan controlar las fluctuaciones de temperatura (Tamayo 2006b).



Figura 102. Planta macho o ciega.
Fotos: Jorge Jaramillo

Toxicidad por fungicidas

Las aspersiones con fungicidas a base de cobre en dosis superiores a 2 g/l son muy comunes en crucíferas y causan toxicidad en épocas calurosas. Las plantas afectadas manifiestan quemazón y pequeños puntos de color amarillo pálido en el haz, trascurridas 24-48 horas después de la aplicación del producto (Tamayo 2006b). Fungicidas a base de fentín hidróxido de estaño causan en el haz y en el envés de las hojas quemazón o pequeños puntos de color lila a morado trascurridas 24 a 48 horas después de la aplicación. También causan fitotoxicidad en plántulas de brócoli los fungicidas a base de tiabendazol; estos afectan la germinación de las semillas, causan la muerte de plántulas y producen deformaciones y manchas foliares de color café claro (Tamayo 2006b).

Cola de látigo

Esta malformación es ocasionada por deficiencia de molibdeno y afecta la calidad de las pellas. Tal deficiencia es común en suelos ácidos (pH inferior a 5,5) porque el molibdeno es fijado por los coloides del suelo, y en las condiciones descritas, es poco disponible para las plantas.

Las aplicaciones de fertilizantes a base de sulfatos, como los de potasio, amonio, magnesio, cobre o zinc impiden la absorción del molibdeno con lo que se acentúa la

deficiencia del elemento en las plantas (Tamayo 2006b). La deficiencia se manifiesta por deformación y alargamiento foliar (figura 103) y deformación del punto de crecimiento vegetativo, lo que afecta la formación de la cabeza o pella.



Figura 103. Cola de látigo.

Fotos: Jorge Jaramillo

Para corregir la deficiencia se recomienda adicionar al suelo molibdato de sodio o molibdato de amonio en dosis de 3,2 kilos por hectárea (Tamayo 2006b; Flórez et al. 2010). Los fertilizantes fosfatados son una buena opción, dado que incrementan la solubilidad del molibdeno en el suelo y la absorción por las plantas. Las aspersiones foliares de Klip molibdeno en las primeras etapas de desarrollo de las plantas (en el semillero, ocho días antes del trasplante y en la tercera o cuarta semana después del trasplante) son una forma práctica de manejar el problema.

Tallo hueco, deficiencia de boro

Este desorden se encuentra asociado a las altas temperaturas, combinado con altos niveles de fertilización nitrogenada, densidades de población bajas y deficiencia de boro. Cuando se presenta el tallo hueco, se observa un resquebrajamiento interno en el tallo floral que deja un espacio vacío (figura 104).

Cuando la deficiencia del boro se hace evidente, se observan áreas corchosas de color marrón en tallos, peciolo y nervaduras; si el caso es severo, aparecen manchas de color pardo que pueden afectar toda la cabeza (Tamayo 2006b). La deficiencia de boro se presenta en condiciones de sequía, en suelos ácidos, de textura fina y bajos

en materia orgánica. La corrección de la alteración se logra al aplicar bórax al suelo antes de la siembra. Las aplicaciones foliares de Klip Boro en la etapa de semillero, antes del trasplante y en la tercera y quinta semana después del trasplante son efectivas para el manejo del problema.



Figura 104. Tallo hueco.

Fotos: Jorge Jaramillo

Hojas bracteriformes

Este desorden se presenta por varias causas: temperaturas muy bajas durante periodos muy cortos, elevación brusca de la temperatura cuando se presenta la inducción floral, exposición de la planta a temperaturas altas en el estado juvenil, y crecimiento exuberante por exceso de nitrógeno.

En la cabeza o pella se observa pequeños primordios de hojas llamados "hojas bracteriformes" que salen de la parte inferior de los primordios florales. Estas pequeñas hojas que sobresalen alcanzan longitudes de 1 a 2 cm y deterioran la calidad de la cabeza (figura 105). Este desorden fisiológico se previene usando materiales con tolerancia a cambios bruscos de temperatura (Tamayo 2006b; Tamayo y Jaramillo 2004).



Figura 105. Hojas bracteriformes.
Fotos: Alegría Saldarriaga

Botoneamiento

Es la reacción de la planta a condiciones como deficiencias nutricionales, estrés por agua, exceso de malezas que compiten con las plantas en los primeros estados de desarrollo, bajas temperaturas, concentraciones elevadas de sal, suelos encharcados y desadaptación del material. El botoneamiento consiste en el desarrollo prematuro de la pella cuando las plantas aún están en etapa vegetativa (figura 106).



Figura 106. Botoneamiento de la pella
Fotos: Alegría Saldarriaga

Es necesario detectar la causa del desorden fisiológico. Se recomienda no sembrar en lotes mal drenados; se debe proporcionar riego adecuado al cultivo durante los primeros 50 días después del trasplante, mantener la plantación libre de malezas durante el periodo crítico de crecimiento (primeros 45 días después de la siembra),

suministrar de manera oportuna y adecuada los nutrientes a las plantas y usar materiales adaptados a la región (Tamayo 2006b).

Pardeamiento de los floretes

La enfermedad se presenta principalmente cuando la cabeza alcanza la madurez comercial. Durante el desarrollo de los capullos florales, los sépalos de capullos individuales cambian de color verde a amarillo y posteriormente a marrón (figura 107). Posteriormente, el capullo se necrosa se seca y, a menudo, se cae, y deja una herida por la cual pueden entrar bacterias que causan pudriciones.



Figura 107. Pardeamiento de la pella o cabeza.

Fotos: Jorge Jaramillo

Las principales condiciones para el desarrollo de la enfermedad son: altas temperaturas y crecimiento rápido de la planta, especialmente en la época de crecimiento de los capullos florales. Los cambios en la humedad relativa y la falta de boro también contribuyen al desarrollo del desorden (Cucuzza et al. 1999).

En las zonas productoras del oriente y del norte de Antioquia, los productores consideran como las principales enfermedades del brócoli las siguientes: La hernia de las crucíferas (*Plasmodiophora brassicae*) en un 40 %, la mancha de alternaria o mancha gris (*Alternaria* sp.) en un 33 % y el borde de oro (*Xanthomonas campestris* pv. *campestris*) en un 17 %. En estas mismas zonas, los ingredientes activos más utilizados por los agricultores para el control de las enfermedades son: el mancozeb, difenoconazol, carbendazim, clorotalonil, kasugamicina, propineb (Ríos et al. 2014; Corporación... 2014).

Capítulo VII Cosecha

La cosecha o recolección es el proceso por el cual se separa la porción vegetal de interés comercial de la planta madre. Es la fase de la explotación agrícola que inicia la preparación o acondicionamiento para el mercado (Londoño 2006a; Vélez et al. 2014).

Para un buen manejo en la cosecha se deben tener en cuenta los siguientes componentes (Organización... 2013):

- Planificar la producción. Tiene como fin asegurar que la madurez del cultivo coincida con la demanda del mercado. Además, coordinar todas las labores correspondientes a la cosecha propiamente dicha, cantidad de trabajadores, acondicionamiento y transporte del producto.
- Comunicación constante con compradores. Para la identificación de las necesidades de los compradores a medida que se acerca el tiempo de cosecha y también para darles a conocer cuál es el momento y la calidad esperada.

Índice de cosecha

El índice de cosecha o momento óptimo de recolección (MOR) constituye un parámetro importante porque establece cuál es el momento oportuno para realizar la recolección y así favorecer el mantenimiento de la calidad y la vida útil durante la poscosecha y la comercialización del brócoli (Londoño 2006a; Flórez et al. 2010).

En brócoli se cosechan inflorescencias inmaduras por lo que su manejo posterior debe ser muy cuidadoso debido a que sufre un gran estrés, que desencadena un rápido proceso de senescencia. Esta hortaliza se considera altamente perecedera, con vida útil de tres a cuatro semanas cuando se almacena a 0 °C, y entre tres a cuatro días almacenada a 20 °C (Costa 2010).

En poscosecha la senescencia del brócoli manifiesta cambios como:

- Disminución del contenido de clorofilas, que ocasiona el amarillamiento y pérdida de calidad comercial de la pella; este es el síntoma más evidente y de fácil observación (figura 108).

- Disminución del contenido de proteínas totales, aumento de proteínas solubles y acumulación de amonio en los tejidos, lo que afecta la calidad nutricional y las características organolépticas.
- Disminución del contenido de antioxidantes y del contenido de ácido ascórbico (Costa 2010).

La actividad de enzimas como la superóxido dismutasa y peroxidasa al parecer retardan el amarillamiento de la pella (Alves y Giménez 2001). El momento oportuno de recolección (MOR) del brócoli lo determinan los siguientes criterios que se describen a continuación, que pueden ser cuantificables.

Diámetro de la pella

- El diámetro varía de 7 a 20 cm, según el mercado al que va dirigido.
- Para la comercialización en Colombia, en almacenes de cadena se recomiendan tamaños de pellas de 10 a 15 cm (230-450 g); para las plazas mayoristas, de 15 a 20 cm (< 750 g) (Londoño 2006a; Flórez et al. 2010).

Grado de compactación de la pella

- Deben ser firmes al tacto, de color verde oscuro o verde azulado, con granos finos, sin amarilleamiento ni apertura floral (figura 108 A y B) (Alves y Gimenez 2001; Cantwell y Suslow 2007).

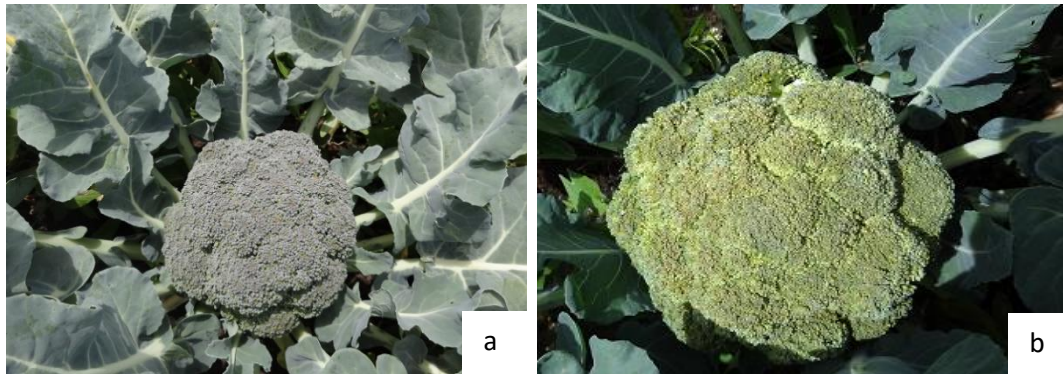


Figura 108. a. Pella firme de grano fino lista para cosechar; b. Pella no apta para la comercialización, con inicio de apertura floral y con pérdida de compactación.
Fotos: Jorge Jaramillo

Días después del trasplante

En las zonas productoras de Antioquia, según las condiciones ambientales, entre los 75 y 80 días después del trasplante se da inicio a la cosecha del brócoli (Londoño 2006a; Flórez et al. 2010).

La cosecha y el tiempo de recolección en el cultivo del brócoli deben ser exactos, porque las pellas no son un órgano desarrollado de la planta si no un estadio determinado y transitorio de la inflorescencia. Si la cosecha se realiza antes del tiempo recomendado se obtienen pellas poco compactas (firmes), de poco peso y de mala calidad; cuando la recolección es tardía, los granos o yemas florales se abren, lo que deja al descubierto los pétalos de color amarillo (figura 109); las pellas pierden compactación, color, el tallo se vuelve fibroso y disminuye la calidad comercial (Londoño 2006a; Flórez et al. 2010).



Figura 109. Yemas o granos florales abiertos.

Foto: Jorge Jaramillo

Método de cosecha

La pella o cabeza de brócoli en su estado comercial es una inflorescencia que está en desarrollo y que tiende a florecer en poco tiempo, si las condiciones climatológicas le son propicias. Si se cosecha antes de tiempo, la pella es de poco peso y la producción disminuye; si es demasiado tarde, los granos se abren, pierden color, disminuye la

compacidad, aumenta la fibrosidad del pedicelo, la calidad comercial es inferior y el manejo poscosecha se dificulta (Barón et al. s. f.).

En el cultivo del brócoli la recolección es manual y para retirar la pella de la planta se utilizan cuchillos de acero inoxidable. Se corta con una longitud del tallo de 8-10 cm para evitar la deshidratación y se debe eliminar parte del follaje si el mercado así lo exige (figura 110) (Londoño 2006a; Flórez et al. 2010).



Figura 110. Cosecha del brócoli.
Foto: Archivo Oficina Circo Corpoica

Se recomienda arrancar desde la raíz las plantas con el objetivo de eliminar algún residuo de la cosecha que pueda ser hospedero de problemas fitosanitarios como la hernia de las crucíferas y mildew veloso (Flórez et al. 2010).

Debido a que las pellas maduran en forma desigual, la cosecha se puede prolongar durante 20 a 30 días a partir de la primera recolección y en plena producción es necesario realizar de dos a tres cosechas por semana para evitar que algunas se sobremaduren en el campo. Se debe cosechar en las primeras horas de la mañana, proteger el producto de los rayos directos del sol, para evitar su deshidratación, y luego de la cosecha es recomendable mantener el producto en condiciones de alta

humedad y baja temperatura (10°C) con el fin de reducir el proceso respiratorio (Costa 2010; Baron et al. s. f.).

Si se han utilizado productos fitosanitarios antes de la cosecha, esta se debe realizar cuando ya se ha cumplido el período de carencia especificado en la etiqueta del producto (Herrera et al. 2006).

En el campo, el brócoli cosechado se debe depositar en canastillas plásticas (figura 111) de 60 x 40 x 25 cm que pueden contener entre 10 y 20 unidades según el tamaño de las pellas; como máximo se tendrán dos niveles o capas del producto. Al llevarlo a la canastilla se debe evitar arrojarlo, golpearlo, presionarlo o frotarlo; además, se debe evitar sobrecargar el recipiente.

Las canastillas se ubicarán en los surcos sobre una superficie limpia como láminas de plástico o estibas, para evitar que el producto se ensucie (Herrera et al. 2006; Flórez et al. 2010).



Figura 111. Empaque de canastilla para la cosecha del brócoli.
Fuente: León 2012

Si el lote de siembra se encuentra cerca del área de donde se realizan las labores de la poscosecha y acopio, los recolectores pueden llevar las canastillas inmediatamente hasta ese sitio, para aislar el producto de las condiciones climáticas adversas (Flórez et al. 2010).

El brócoli se debe seleccionar desde el campo. Recolectar pellas que cumplan con los requisitos de calidad mencionados anteriormente o pactados con el comprador y que estén libres de plagas, enfermedades y daños mecánicos a la vista. Rechazar las pellas que tengan manchas, residuos de plaguicidas o excrementos de insectos o pájaros; las que sean resbaladizas al contacto con la mano o mojadas porque esas particularidades pueden ser signos de descomposición o podredumbre (Flórez et al. 2010).

En el área de acopio de la finca se verifica la selección realizada en campo y se clasifica el producto según el mercado de destino, de acuerdo con lo descrito anteriormente.

Capítulo IX Poscosecha

La poscosecha o posrecolección es el período transcurrido desde la cosecha del producto hasta su consumo en estado fresco, preparado o transformado industrialmente. El manejo poscosecha incluye todas las operaciones y procedimientos tendientes a movilizar el producto desde la finca hasta el consumidor final, con el fin de proteger su integridad y preservar su calidad, de acuerdo con sus características físicas, químicas y biológicas (Zárate 1991).

Acopio

Generalmente, en las fincas productoras se realiza un acopio temporal, por ello es importante destinar un sitio para este fin con el objetivo de proteger el producto de la radiación solar, de la humedad, seleccionarlo, clasificarlo y empacarlo. En el caso de lotes pequeños el centro de acopio puede ser móvil, de fabricación liviana, que se pueda transportar por el predio (Londoño 2006a). Para mercados de exportación esta labor se debe de realizar en salas de poscosecha a diferencia del mercado interno que se efectúa directamente en el lote.

Selección y clasificación

Todas las operaciones de selección y clasificación se deben efectuar en instalaciones o áreas que posean condiciones de higiene y seguridad controladas (Herrera et al. 2006). Como se ha señalado en capítulos anteriores, trabajar con base en buenas prácticas agrícolas evitará una mala manipulación de las pellas después de la cosecha, lo cual puede afectar negativamente la calidad obtenida y la inocuidad del producto.

El lugar definido para estas labores debe estar ventilado, protegido de los rayos solares, y alejado de fuentes de contaminación, como agroquímicos, abonos y fertilizantes, animales. De igual manera, es importante ofrecer a los operarios condiciones ergonómicas apropiadas como luz suficiente, mesas y equipos para realizar la labor.

Para disminuir la manipulación del brócoli en poscosecha, es necesario realizar primero una selección en campo que consiste en cosechar primero los productos sin defectos, de mejor calidad, y luego las demás categorías establecidas con base en las exigencias del mercado (Londoño 2006a; Flórez et al. 2010).

En el área de acopio o de poscosecha se realiza una segunda selección que consiste en una inspección visual, con el objetivo de eliminar pellas que presenten manchas, daños ocasionados por insectos, ácaros o aves y residuos de agroquímicos que afecten directamente la apariencia del producto (Herrera et al. 2006).

La selección de pellas también debe cumplir con los siguientes requisitos (Flórez et al. 2010):

- Tamaño y grado homogéneo, acorde al material que se haya sembrado.
- Enteras, compactas y con floretes cerrados.
- Frescas, color verde intenso o el característico del material.
- Sin presencia de desórdenes fisiológicos.
- Libres de daño fitosanitario y mecánico.
- Libres de humedad exterior anormal, suciedad y olores extraños.

La mala manipulación de las pellas conduce a aumentar los peligros de contaminación física, química y biológica que puede causar daños a la salud de los consumidores (Ciro y Villegas 2009). Entre los peligros que se deben evitar se encuentran presencia de partes metálicas, plásticos, vidrio o piedras; uso de utensilios y recipientes contaminados con agentes microbianos o sustancias químicas; contacto directo de la pella con el suelo; lavado de productos con agua de baja calidad y deficiente higiene de los operarios.

Después de realizar la selección, se procede a la clasificación, con el fin de unificar la calidad del producto. En el caso del brócoli, hasta 2014 Icontec no reporta norma técnica colombiana para la hortaliza; Codex Alimentarius (Organización... c2015) y la Unión Europea tampoco. Solo el Departamento de Agricultura de los EE. UU. (United... 2006) presenta una norma de calidad para el brócoli en fresco, la cual se explica en el ítem 12.1 de este documento (Incontec Internacional 2013; United... 2013; FAO 2014)

En las condiciones actuales del mercado, la clasificación de las pellas depende de cada comprador, que exige criterios como forma, color, tamaño, peso, grado de madurez y apariencia sana (Londoño 2006a; Herrera et al. 2006).

Empaque, almacenamiento y transporte

Todo producto perecedero, de acuerdo con su fisiología, requiere de condiciones especiales de empaque, almacenamiento y transporte para mantener la calidad que se obtuvo en campo. La vida útil de un producto dependerá entonces del empaque que ayudará a que este logre mantener sus características propias; durante el proceso de almacenamiento, la temperatura, la humedad relativa y la composición de la atmósfera conservarán estas características (calidad), para poder darle una mayor vida útil; finalmente, el transporte asegurará que el producto llegue en forma oportuna y con la mayor calidad a los diferentes tipos de consumidores.

Empaque

El empaque es la estructura diseñada para contener un producto, protegerlo o preservar sus características de calidad durante el transporte, almacenamiento y distribución al consumidor final. Cumple también funciones para promover, diferenciar el producto o marca y comunicar la información de la etiqueta como un valor agregado para los consumidores (Thompson 2014).

Para mercado nacional se utilizan canastillas plásticas. Deben de estar en buen estado, limpias y libres de impurezas y de agentes químicos que puedan contaminar las pellas. Con el fin de facilitar la manipulación, almacenamiento y transporte, el producto se debe empacar cuidadosamente en máximo dos niveles o capas, de forma ordenada, con un peso máximo de 5 kg. El empaque debe incluir información del producto, variedad o híbrido, peso neto, nombre del productor y fecha de cosecha (Herrera et al. 2006).

Existen en el mercado otros tipos de empaque en los cuales se usa como componente principal la madera. Se recomienda un empaque de este tipo, biodegradable, con las siguientes dimensiones: 50 x 30 x 15 cm (Eco... 2011).

Las canastillas y materiales de empaque se deben almacenar en lugares libres de humedad, protegidos del polvo y no deben estar en contacto con el suelo (Herrera et al. 2006).

Para el caso de la producción obtenida del oriente y del norte de Antioquia, las canastillas, con un 40,63 %, son el empaque que predomina para la comercialización del producto, seguido de las cajas con un 31,25 % (figura 112); los costales representan un 25,21 % (figura 113) y finalmente los bolsos con un 3,13 % (Corporación... 2014).



Figura 112. Empaque en cajas del brócoli.
Foto: Archivo Oficina Circo Corpoica



Figura 113. Empaque en costales del brócoli.
Foto: Archivo Oficina Circo Corpoica

Debido a que la vida útil del brócoli es corta —de 3 a 4 días cuando se almacena a 20 °C—, la comercialización debe ser muy rápida para evitar el deterioro de las pellas (Costa 2010).

Almacenamiento

La refrigeración es una condición recomendada para conservar la calidad del producto por más tiempo debido a que se reduce la respiración de las pellas (Costa 2010). Se consigue por medio del almacenamiento a bajas temperaturas y alta humedad relativa. El brócoli es susceptible a la pérdida de agua y al marchitamiento debido a su alta tasa respiratoria, ocasionada por el estado de crecimiento en el que se encuentra la pella (tabla 19), por lo que el deterioro aparece prontamente y, por tanto, la vida en poscosecha es corta (Alves y Gimenez 2001; Kader 2007).

Tabla 18. Tasa de respiración del brócoli

Temperatura	ml CO ₂ /K hora
0 °C (32 °F)	10-11
5 °C (41 °F)	16-18
10 °C (50 °F)	38-43
15 °C (59 °F)	80-90
20 °C (68 °F)	140-160

Fuente: Cantwell y Suslow 2007

El brócoli no se debe almacenar y transportar con productos que tengan altas tasas respiratorias como aguacate, zanahoria, esparrago y espinaca (Kader 2007). En general, en las fincas productoras del brócoli en el oriente antioqueño no se realizan actividades de almacenamiento porque el productor comercializa de inmediato, o al día siguiente de la recolección. El almacenamiento se da en condiciones de almacenes de cadena y en contados casos por intermediarios de plazas de mercado (Corporación... 2014).

En caso de que sea necesario almacenar con el fin de prolongar la vida útil del producto por el mayor tiempo posible, se deben tener en cuenta las siguientes condiciones: la temperatura de 0 °C y una humedad relativa mayor del 95 % conserva el producto entre 21 a 28 días. Si la temperatura es de 5 °C, se reduce a 14-18 días; a 10 °C, se conserva por 5-9 días y a 20 °C la vida útil no sobrepasa los tres días (Alves y Gimenez 2001; Cantwell y Suslow 2010; Cantwell y Suslow 2007).

En las góndolas de los sitios de exhibición al público se debe mantener una humedad relativa alta mediante la nebulización con agua, que también ayuda para mantener la apariencia fresca del producto y reducir la pérdida de vitamina C. El brócoli también se puede almacenar mediante el uso de atmósferas modificadas con nivel de 10 % de dióxido de carbono y 1 % de oxígeno (Alves y Gimenez 2001).

Transporte

La situación ideal para el transporte es mantener la cadena de frío desde el cultivo hasta el consumidor final. Debido a que esta condición no se cumple, se recomienda el uso de vehículos cerrados o camiones carpados con el fin de disminuir la exposición del producto a condiciones ambientales tales como calor, lluvia, viento, polvo que puedan afectar su calidad e inocuidad.

Los vehículos utilizados en esta labor deben cumplir con las siguientes condiciones para que el viaje se realice de forma segura, tanto para la carga como para el conductor (Herrera et al. 2006; Flórez et al. 2010):

- Deben estar limpios y en buen estado mecánico.
- Durante el cargue, el producto se debe colocar sobre estibas; ubicar las canastillas de tal forma que se evite el rozamiento y el maltrato físico, y no apilar más de cinco o seis.
- En lo posible asegurar las canastillas con correas para evitar movimientos bruscos cuando el camión se encuentre en movimiento.
- El brócoli no se debe transportar con productos fitosanitarios, fertilizantes, personas y animales.
- No estacionar los vehículos en los lugares donde se manipulan los productos, para evitar la contaminación por gases de combustión.
- Realizar registros de transporte para asegurar su trazabilidad.

Plan de limpieza y desinfección

Todos los elementos y herramientas que se utilicen en las fases de cosecha y poscosecha deben estar sometidos a un plan de limpieza y desinfección que garantice que el producto no se contaminará durante esos procesos. Para cumplir con lo anterior se recomienda que cada vez que se utilice un implemento se lave y, si es el caso, se desinfecte.

Se recomiendan realizar estos pasos con frecuencia en cuchillos, canastillas, áreas del centro de acopio y poscosecha, carretillas y medios de transporte. La técnica es la siguiente manera: mojar con agua a presión, aplicar una parte de detergente que se ha disuelto en 15 partes de agua, estregar fuertemente con cepillo y luego enjuagar con abundante agua de modo que no queden olores. Para la desinfección se puede usar una solución de 20 ml de hipoclorito de sodio comercial disueltos en cinco litros de agua (Gallego s. f.; García et al. 2008).

Capítulo X

Transformación y valor agregado

El productor no debe actuar solo como proveedor para los puntos de venta y para la agroindustria. Requiere conocer el mercado más allá del comprador directo e, incluso, poder transformar el producto en nuevas oportunidades de negocio.

Las hortalizas procesadas cumplen un rol facilitador para el comercio e implican adelantar acciones o considerar elementos como el corte, el empaque, la transformación, la conservación y el transporte del producto original. Incidir de esta manera da lugar a un nuevo producto, que muchas veces actúa como insumo de otro producto final.

Existen distintos tipos de conservación que presentan diferencias entre sí. El congelado, por ejemplo, es el más cercano al producto original. Además, se pueden incluir otros valores agregados, que no necesariamente son una transformación física sino una composición de factores: servicio, imagen, facilidad, prestigio, aspectos que son atractivos o útiles para el cliente y el consumidor final (Dastres s. f.).

A continuación, se relacionan algunas posibilidades de adecuación y transformación del brócoli:

Brócoli fresco

Según la USDA Agricultural Marketing Services (United... 2006), el brócoli fresco tipo itálico se comercializa en tres presentaciones:

- Bunches (manojos): Diámetro de pellas de 5,0-6,5 cm y longitud del tallo de 15-20 cm.
- Pellas individuales: Diámetro de pellas de 7,0-12,5 cm y longitud del tallo de 5-10 cm.
- Floretes: Diámetro de pellas de 2,0 - 6,0 cm y longitud del tallo de 2,5-9,0 cm.

Las presentaciones anteriores de estos productos se clasifican en tres categorías que se determinan según el grado de tolerancia a los defectos en el diámetro de pellas y en la longitud de los tallos:

- US fancy o fiesta: La longitud de los tallos debe de ser homogénea; solo se acepta 15 % del peso total con longitudes mayores al punto medio del atado.
- US No 1: Nivel de tolerancia del 5 % a 30 % con respecto al peso y con una longitud no mayor al punto medio del atado. En los bunches o manojos, la longitud del tallo puede oscilar entre 12,0-23,0 cm. Cuando son pellas individuales, el diámetro es entre 9,0-15,0 cm, y en florecillas, diámetro entre 2,5-10,0 cm y longitud del tallo de 4,0-11,5 cm.
- US No 2: En manojos, el grado de tolerancia es de 5 % a 30 % en el peso y una longitud no mayor al punto medio del atado. En los diámetros de las pellas y de las florecillas no hay especificaciones para esta categoría.

Otras categorizaciones, según el tipo de corte y el tamaño de la cabeza del brócoli para exportación, son:

- Floretes de brócoli: cabezas de brócoli con tallo de diferentes tamaños. En esta presentación la exactitud del corte es muy importante, puesto que las distintas proporciones de cabeza y tallo están dirigidas a correspondientes usos y segmentos de mercado.
- Brócoli picado: mezcla de cuadrados de tallo y pedazos de cabeza en diferentes medidas. Esta presentación brinda una alternativa para aprovechar parte de la materia prima que se rechaza en el corte de los floretes.
- Cortes de brócoli: combinación de cuadrados de tallo con cabezas enteras. Esta presentación tiene varias clasificaciones, según el porcentaje de contenido de cabezas y tallos.
- Tallos de brócoli picados: son cuadrados de tallo en diferentes tamaños según la variedad de la presentación (Oleas y Salazar s. f.).

Brócoli procesado

La preparación del brócoli para ser procesado responde a dos categorías (United... 1997):

- US No 1: los tallos o porciones de tallos y pellas con tamaño menor de 4,0 cm y deben cumplir con los requisitos de selección. Si no hay más especificaciones, antes de cortar la longitud del tallo debe de ser de 10,0-15,0 cm y el diámetro de pellas de 7,0-20,0 cm.
- US No 2: deben cumplir los mismos requisitos de la categoría US No 1 en los tallos o porciones de tallos y pella. Si no existen otras especificaciones, la longitud de los tallos es de 7,5-15,0 cm y un diámetro mínimo de 2,5-4,0 cm.

El procesado puede ser: envasado con agua, sal y vinagre (encurtido), liofilizado y en polvo.

Brócoli en polvo

La producción de brócoli en polvo se emplea en dietas alimentarias, en la preparación de alimentos y bebidas. El procedimiento para la obtención de brócoli en polvo puede comprender la planta entera, o partes de la misma como brotes, hojas, tallo y flor madura o cualquiera de sus combinaciones (García et al. 2012).

La elaboración de polvo de brócoli parte de las hojas enteras de la planta. El procedimiento consiste en la recolección del material de la planta en el campo, su lavado y deshidratado, molido y empacado o envasado:

- Lavado: se utiliza un limpiador químico (cloro, Paraclean 5 al 0,1 %) donde se sumergen las hojas
- Secado o deshidratado: se emplean diferentes métodos que van desde los convencionales como el secado al sol, secado con aire caliente hasta secado con microondas, deshidratación osmótica y secado por congelación.
- Molido: se tritura en molino de piedra en mayor o menor medida, hasta obtener de la textura deseada.
- Almacenaje: se usan envases herméticos y protegidos de la luz para que el brócoli se pueda destinar a los diversos usos indicados, como complemento alimentario de alto valor nutritivo (García et al. 2012).

Brócoli congelado

El proceso de llevar brócoli fresco a brócoli congelado lo realizan las industrializadoras mediante el proceso IQF (congelación rápida de cada tallo o florete de brócoli por separado; no en bloque), con el fin de proteger las células y conservar los elementos nutricionales y vitamínicos del vegetal. Este sistema que no requiere ingredientes adicionales ni conservantes, por lo que el producto se considera natural (Oleas y Salazar s. f.).

El proceso busca facilitarle al consumidor el uso de la hortaliza, al no tener que descongelar antes de usar ni obligatoriamente recurrir a porciones grandes de tallos.

Como el proceso de congelación no involucra agua, entonces el brócoli se puede mantener por largo tiempo en el congelador sin perder propiedades.

El proceso comprende los siguientes pasos:

- Recepción de materia prima: se aceptan las pellas completas y se pesan.
- Control de calidad: control de color, consistencia, tamaño, ausencia de insectos o manchas a las pellas.
- Preparación de floretes: el corte es manual y varía según el tipo de subproducto que se va a procesar.
- Lavado: se aplica un limpiador químico en el que se sumergen los floretes, que recorren las diferentes etapas del proceso en bandas que fluyen continuamente como en una línea de ensamblaje.
- Clasificación y peso por calibres: proceso realizado en una especie de redes metálicas que contiene espacios de diferentes tamaños donde caen los floretes según el calibre. Así quedan divididos en varios niveles de catalogación.
- Precocido en cámara blancher: este proceso, en un túnel de vapor a 140 °C, elimina bacterias o microorganismos presentes en el producto.
- Enfriado: para que el proceso IQF sea más eficiente, se realiza en agua ozonificada fría a 2 o 3 °C.
- Congelado rápido IQF: se congela instantáneamente cada tallo o florete de brócoli por separado; no en bloque.
- Inspección: se hace un último control visual de las piezas congeladas, que caen a una banda con detector de metales.
- Dosificación y empaque: según la programación de producción, las piezas caen en medidas apropiadas a los empaques (fundas) seleccionadas. Ciertos tamaños de empaques se cierran manualmente y otros de modo mecánico. El producto listo se empaqueta en cajas de cartón.
- Almacenamiento: las cajas con el producto se almacenan en una cámara a -20 °C.

Una vez congelado y empacado, el brócoli IQF tiene una duración de 2 años, si se mantiene en refrigerado (Oleas y Salazar s. f.).

Capítulo XI Mercado

En la cadena de las hortalizas, desde el proceso de cultivo hasta el consumo del producto —por parte del comprador final o como insumo agroindustrial—, participan diferentes agentes: productores, acopladores, mayoristas, detallistas y consumidor final. En cuanto a las formas de comercialización, son varios los modelos que se emplean en el país, por ejemplo, la contratación directa entre productor agropecuario y detallista, entre el primero y los mayoristas, las cadenas de supermercados o la agroindustria; sin embargo, el modelo de comercialización más utilizado es el conocido como *reloj de arena*, que se describe en la figura 114 (Combariza et al. 2013).

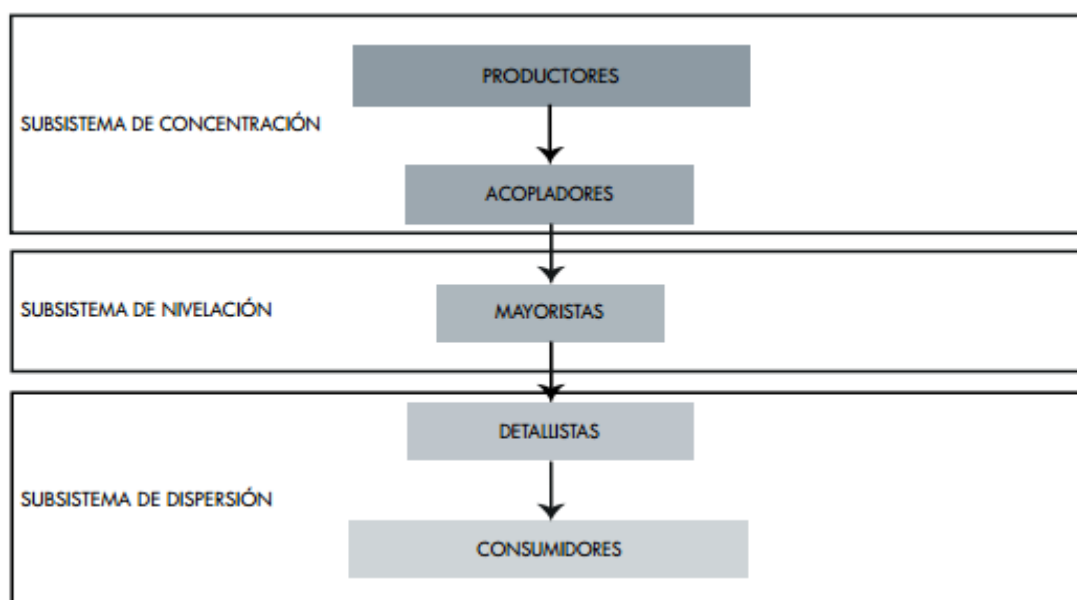


Figura 114. Modelo de comercialización tipo reloj de arena.

Fuente: Combariza et al. 2013

El brócoli, por ser un producto perecedero en tan corto tiempo, hace que el mercado se localice geográficamente cerca de las zonas históricamente productoras. Esta visión exige a los productores una gran dependencia de los intermediarios y comercializadores, quienes “supuestamente” cuentan con mayor capacidad de manejo y tecnología poscosecha para garantizar una mayor y mejor inserción en los mercados.

Los departamentos que reportan producción del brócoli y, a la vez, mayor consumo, son, en su orden, Cundinamarca, Nariño, Antioquia, Norte de Santander, Cauca y Boyacá (Combariza et al. 2013).

Para los consumidores las exigencias en calidad son muy uniformes: pellas compactas, de forma redondeada, de color verde oscuro, sin malformaciones, golpes, magulladuras o podredumbre (Corporación... 2014). Sin embargo, estas demandas se ven afectadas por los principales problemas que afectan el producto en poscosecha, que se manifiestan por la baja rotación del producto, la deshidratación y, en climas cálidos, la rápida pérdida de la textura de la pella (Corporación... 2005).

Ahora bien, esta situación ha venido cambiando, pues la concentración de la demanda en las grandes ciudades ha hecho que los productores orienten su trabajo al manejo poscosecha, en cadena de frío, aforo, empaque y carga del producto, principalmente en busca de satisfacer las demandas del mercado y aumentar la vida útil del producto. Procesos y actividades como maquillaje, selección y descarte se hacen presentes cada día más en la cultura del productor.

Es de anotar que no hay precios de sustentación ni contratos a futuro que garanticen al productor un ingreso para recuperar los costos. En el ciclo productivo y por periodos se da una sobreoferta que puede generar pérdidas; hay algunos casos documentados que indican que en esa circunstancia el cultivador no alcanza a recuperar sus costos de producción.

Sobre la competitividad

En Colombia, entre las zonas de producción y las de consumo, el territorio ofrece, en general, infraestructura vial (vías pavimentadas) y transporte público multimodal (camionetas, camperos, buses, busetones, jaulas, entre otros) de manera permanente, lo que permite bajar los costos de transacción y que el productor pueda ofertar y vender en el lugar donde mejor precio encuentre de manera coyuntural. Es así como se ha reportado, además de los departamentos productores mencionados, que hay consumo representativo en Meta, Casanare, Arauca, Guainía, Putumayo, Caquetá, Atlántico, Bolívar, San Andrés y Providencia, Risaralda, Caldas, Tolima, Huila, Valle del Cuaca y Santander (Combariza et al. 2013).

El precio como factor determinante del área de producción

La variabilidad del precio del brócoli en los mercados hace que el campesino tome decisiones de diversificar sus cultivos. Como se trata de ser un producto de ciclo corto, es posible que se puedan tomar decisiones en el corto plazo. La elasticidad del precio (impacto que las variaciones en el precio tienen sobre la cantidad demandada de producto) con el área, genera dificultades para su cálculo y actualización y explica, en gran medida, la falta de información actualizada en la materia.

Mercado local y regional

Para el caso de Antioquia, están muy definidos los mercados del producto, en lo local y regional, que se sitúan directamente en las principales zonas de producción. La producción de brócoli se concentró durante el año 2013 en las regiones del oriente y norte, en los Municipios de Marinilla, principal productor con una participación del 85,94 %, San Pedro con el 13,38 % y Guarne con un 0,67 % (figura 115 y tabla 20) (Gobernación... 2014); también se reportó producción en La Ceja, El Carmen de Viboral y Rionegro (Corporación... 2014).

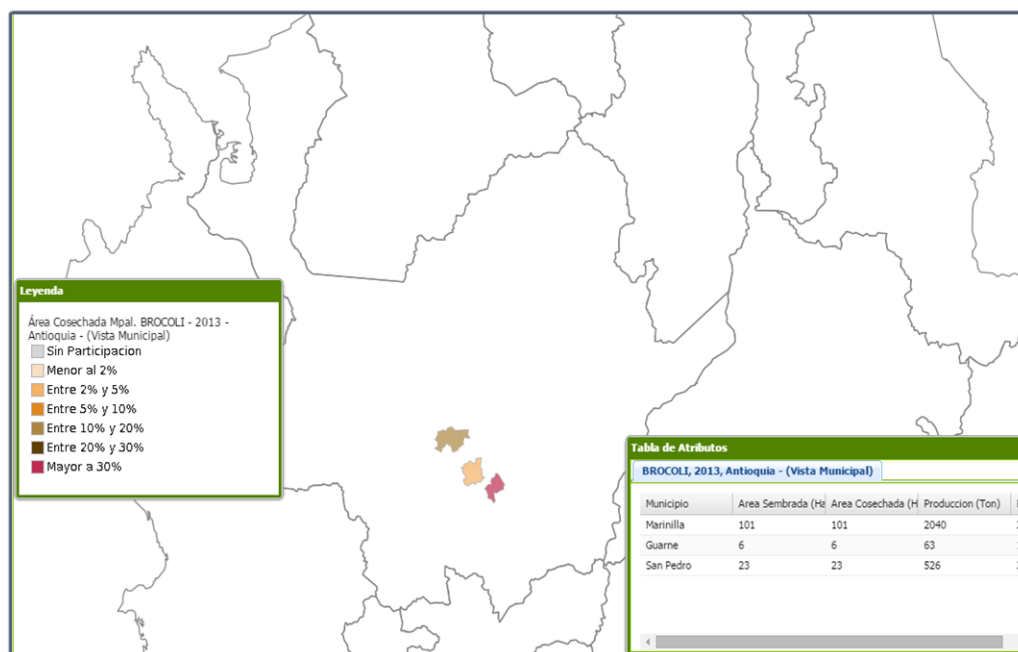


Figura 115. Municipios productores de brócoli en Antioquia.

Fuente: Agronet 2013

Tabla 19. Principales productores de brócoli en Antioquia según Anuario estadístico del sector agropecuario en el departamento de Antioquia 2013

Municipio	Área sembrada (ha)	Área cosechada (ha)	Producción (t)	Rendimiento kg/ha
Guarne	3	3	30	10.000
Marinilla	194	192	3840	20.000
San Pedro	40	26	598	23.000

Fuente: Gobernación... 2014

El primer mercado satisfecho es el de origen, esto es, la producción local, ya que cada uno de estos municipios abastece su propia demanda. Desde allí se genera una cobertura regional con la distribución que se realiza a través de comercializadoras para cada una de las zonas del oriente antioqueño y Medellín (tabla 21).

Tabla 20. Distribución del brócoli en los diferentes mercados y precios en las subregiones del oriente y norte

Subregión	Municipio	Lugar de comercialización	Precio promedio kg en pesos col.	Peso de la pella
Oriente antioqueño	La Ceja	Mayorista de Medellín, comercializadoras de hortalizas del oriente antioqueño	\$800-\$900	600-800 g
Oriente antioqueño	Guarne	Plaza de flores Medellín, minorista, plaza de mercado Guarne	\$1.200	500 g
Oriente antioqueño	El Carmen de Viboral	Plaza de mercado de Medellín, comerciantes de hortalizas del oriente antioqueño	\$800	600-800 g
Oriente antioqueño	Rionegro	Plaza de flores de Medellín, plaza de mercado de Rionegro, comercializadoras de hortalizas del oriente antioqueño	\$800-1.200	500-700 g
Oriente antioqueño	Marinilla	Plaza de mercado de Marinilla	\$500-1.200	500-700 g
Norte	San Pedro de los Milagros	Plaza de Medellín y almacenes de cadena de grandes superficies	\$800	800 g

Fuente: Corporación... 2014

Mercado nacional

La producción nacional se estima en 15.454,3 t/año. El área cosechada de brócoli en los seis departamentos principales fue de 738,5 ha, con un promedio de rendimientos de 18,81 t/ha (figura 116). En su orden, los departamentos más productores son

Cundinamarca (49,82 %), Nariño (22,17 %), Antioquia (17,01 %), Norte de Santander (7,38 %), Boyacá (2,19 %) y Cauca (1,44 %) (tabla 22) (Agronet 2013).



Figura 116. Mapa de producción de brócoli en Colombia.
Fuente: Agronet 2013

Tabla 21. Distribución de la oferta de brócoli en Colombia

Departamento	Área cosechada (ha)	Producción (t)	Rendimiento t/ha
Cundinamarca	363,5	7699,3	21,18
Nariño	148,5	3426	23,07
Antioquia	130	2629	20,22
Norte de Santander	57	1140	20
Cauca	20	222	11,1
Boyacá	19,5	338	17,33

Fuente: Agronet 2013

Por municipios, la producción en cada departamento se concentra así (Agronet 2013):

- Cundinamarca: Chía, Bojacá, Cajicá, Cota, Mosquera, Soacha y Tenjo.
- Nariño: Potosí, Ipiales, Gualmatán, Cumbal, Pasto.
- Antioquia: Marinilla, San Pedro, Guarne.
- Norte de Santander: Pamplona, Mutiscua.

- Cauca: Silvia.
- Boyacá: Paipa y Duitama

Mercado internacional

La creciente demanda de hortalizas en el mundo se debe al cambio en la tendencia del consumo hacia productos saludables. Esta es una razón para que el brócoli sea una de las hortalizas con alto potencial de comercialización en el ámbito internacional. Según las estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2012b), en el año 2012 se registró una producción mundial de 21.266.789 t de brócoli y de coliflor. Los países más destacados fueron China con 9.596.000 t e India con 7.000.000 t; esta producción representó casi el 80 %, del resultado mundial. Otros países con producción representativa son Italia, Francia y Estados Unidos (figura 117).

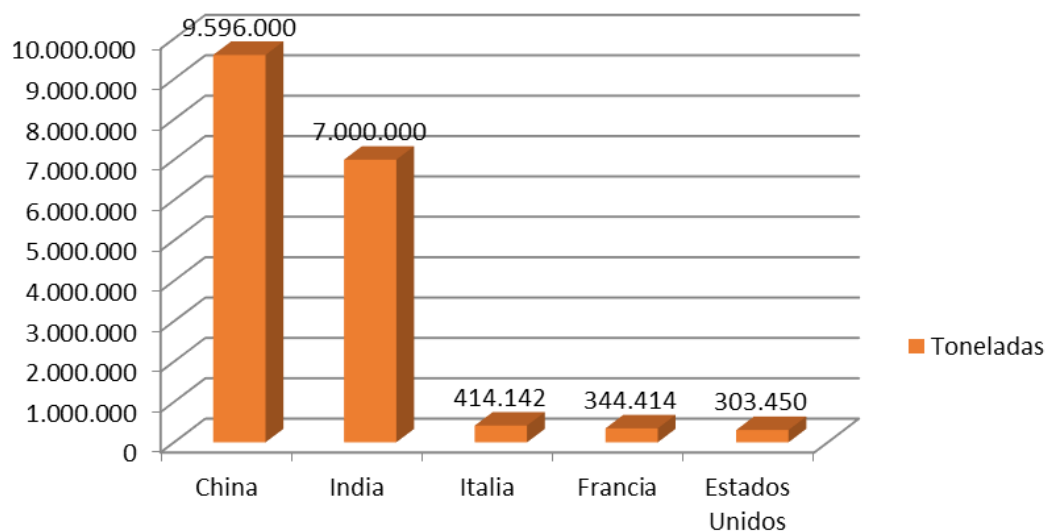


Figura 117. Principales productores de Brócoli en el mundo.
Fuente: Organización... 2012b

Sobre las exportaciones

En cuanto a las exportaciones, para el año 2011 lideró España con 290.735 t, seguido de Francia 179.440 t; México, en el tercer puesto, con 147.720; Estados Unidos, en el cuarto, con 131.323 t y en quinto lugar la Unión Europea con 118.357 t.

En Colombia el brócoli se encuentra dentro de las once principales verduras exportadas y ocupa el noveno puesto en la escala mundial (figura 118) (Combariza et al. 2013).

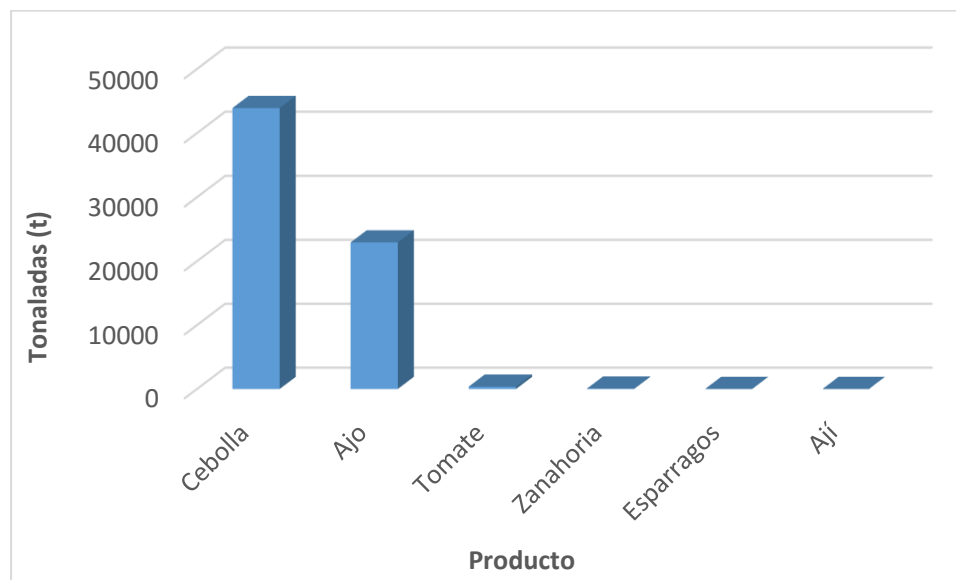


Figura 118. Volumen de las principales verduras exportadas por Colombia en 2010. Fuente: Combariza, et al. 2013

Entre el año 2010 y 2014 las exportaciones de brócoli y coliflor fueron con destino a Cuba, a las Antillas Holandesas y EE. UU., presentó un alza en el año 2012, mostrando el mayor volumen exportado durante estos cuatro años (figura 119) (Agronet 2014).

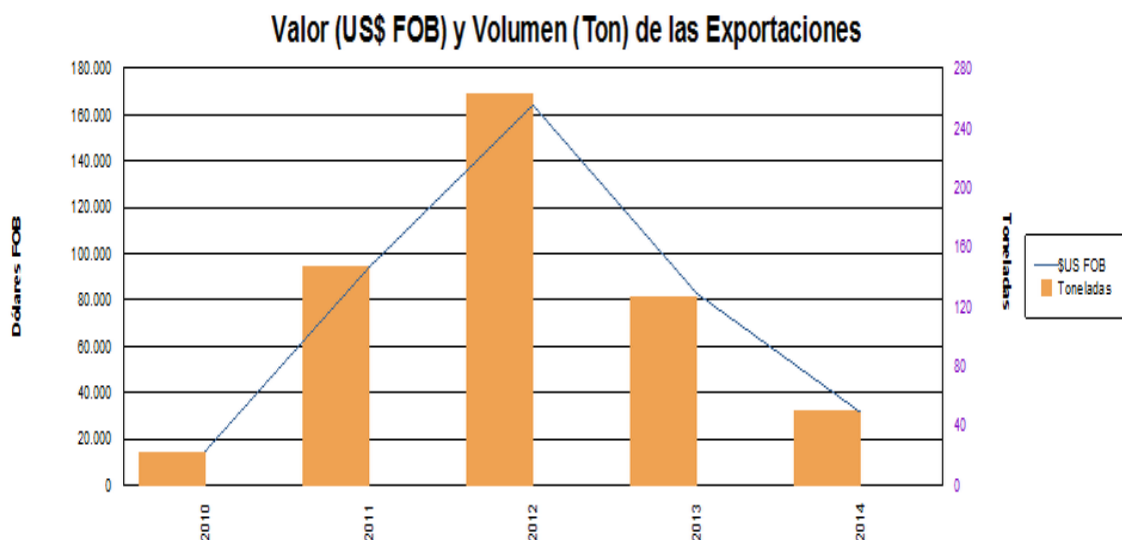


Figura 119. Volumen exportación de brócoli y coliflor durante el año 2010-2014.
Fuente: Agronet 2014

El mercado internacional más promisorio para las exportaciones del brócoli colombiano se encuentra en las islas del Caribe, en la Comunidad del Caribe (Caricom). Los países allí agrupados durante todo el año presentan altos precios (relativos) del producto. Esta es una oportunidad con la que cuenta el oriente antioqueño, que se ha venido fortaleciendo por las condiciones agroclimáticas y el inventario de cultivos con calidad de exportación (Moreno 2008).

En cuanto a los ciclos del cultivo frente a la demanda, se puede decir que el mayor precio internacional del producto se da en Europa en la época de invierno —diciembre a marzo de cada año—, cuando bajan y prácticamente desaparecen los cultivos propios por cuestiones del clima. En ese momento, los precios alcanzan hasta un valor de 4 euros/kilo, como ocurrió en diciembre de 2013, cuando el kilo se vendió a 10.220 pesos colombianos (Diago 2014).

Sobre las importaciones

Reino Unido se reporta como el mayor importador mundial de brócoli y coliflor con 145.775 t, seguido por Canadá, Alemania, Malasia y Países bajos (figura 120).

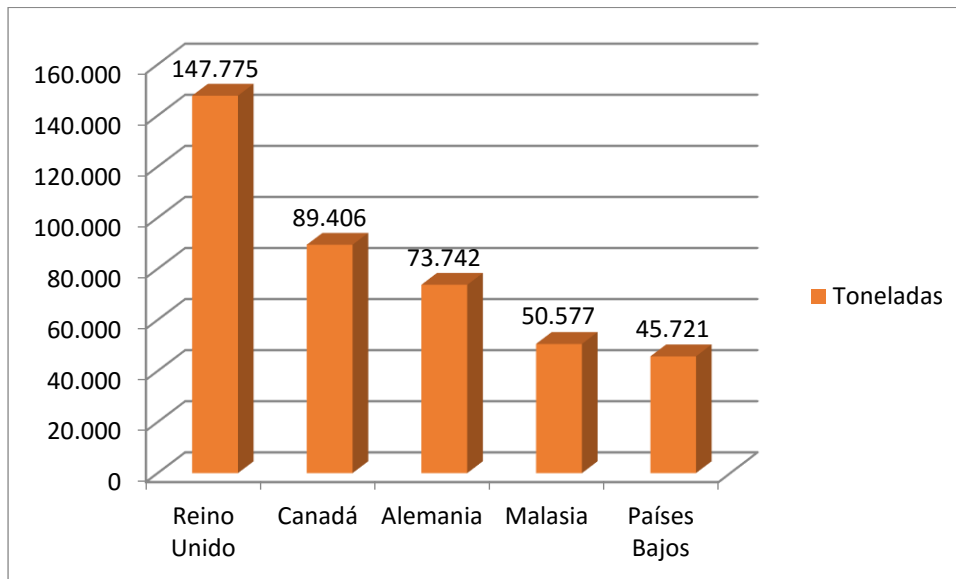


Figura 120. Principales importadores de brócoli en el mundo.

Fuente: Organización... 2012a

Colombia es autosuficiente para atender la demanda interna de brócoli. No reporta importaciones del producto (figura 121).

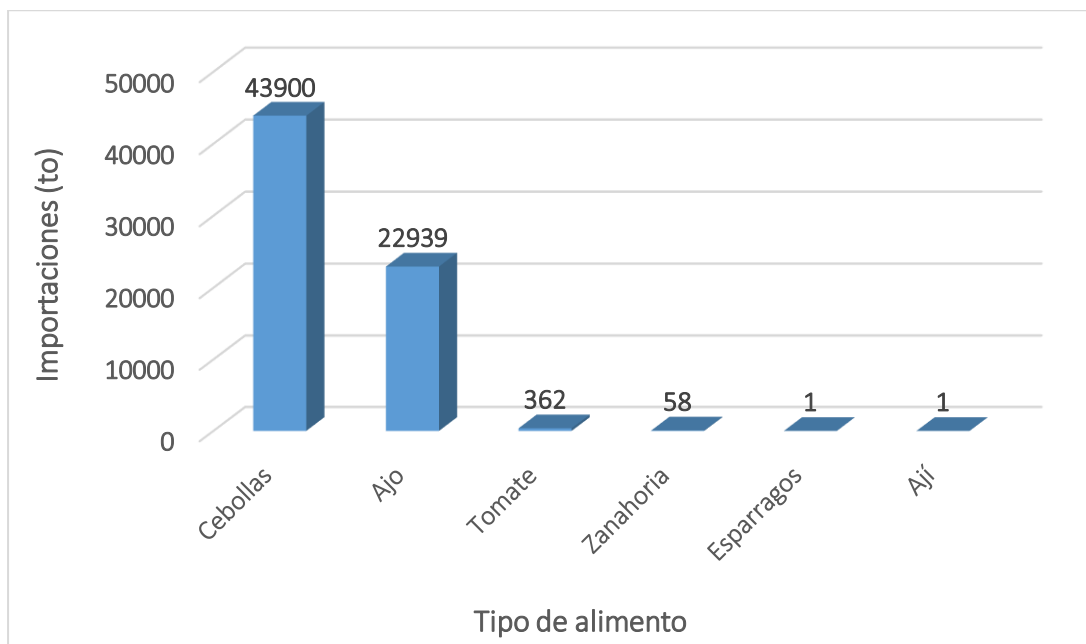


Figura 121. Principales verduras importadas por Colombia en 2010.

Fuente: Combariza et al. 2013

Capítulo XII

Indicadores económicos

Antonio Martínez Reina

A continuación, se presentan los indicadores de mayor importancia que se utilizan para evaluar la sostenibilidad económicos en un cultivo de brócoli. Son ellos rendimientos, costos de producción, rentabilidad, ingresos, relación costo/beneficio, por mencionar algunos, en las condiciones específicas del modelo productivo. Incluir el nivel de competitividad de la región en el mercado para el producto específico. Para poder evaluar económicamente la línea de base, se calcularon los indicadores económicos y de retorno a la inversión, los cuales se definen a continuación:

Ingresos brutos. Se definen como las cantidades producidas multiplicadas por el precio de venta, en este caso las cantidades de brócoli que produjo una hectárea multiplicado por el precio de venta del brócoli. Se tomó la serie de los precios del brócoli en un año; se consideró el límite inferior y el límite superior y así se obtuvo el precio promedio. Los rendimientos por hectárea fueron obtenidos de la información del consenso

Ingreso monetario. Es la cantidad de dinero que obtiene el agricultor por la venta de sus productos o servicios en el mercado a los precios vigentes. En este sentido el ingreso de la producción es equivalente al valor de la producción final.

$$It = \sum_{i=1}^n p_i \times q_i$$

It = ingreso (en unidades monetarias) = cantidad de producto vendido en unidades físicas (en este caso, toneladas de brócoli vendidas); P_i = precio del producto en el mercado en unidades monetarias; q_i = unidad física de producto. El ingreso monetario (It) por hectárea se expresa como:

$$It/ha = \frac{\text{Ingreso total, } It}{\text{No. de hectáreas}}$$

Alternativamente,

$$It/ha = p \times Rt$$

p = precio del producto i en unidades monetarias por unidad física de producto; Rt = rendimiento del cultivo (en unidades físicas del producto i por hectárea).

Costos. Representa las salidas de dinero por concepto de compra de insumos o contratación de servicios para llevar a cabo la producción. En su mayoría guardan relación directa con las cantidades producidas. Pueden ser fijos o variables.

- Costos fijos: no guardan una relación directa con las cantidades producidas y permanecen constantes a lo largo del periodo productivo.
- Costos variables: están en relación directa con las cantidades producidas, aumentan cuando aumenta la producción y disminuyen cuando disminuye la producción.

Ingreso neto. Diferencia entre el ingreso bruto y el costo total. Indica si hay ganancia o pérdida.

$$IN = IB - CT$$

Rentabilidad. Es la relación entre el ingreso neto y el costo total; muestra los retornos o rendimientos de la inversión.

$$Rent = \frac{IB - CT}{CT} * 100$$

La rentabilidad indica la posibilidad de recuperar la inversión. Un coeficiente alto indica que es mayor la posibilidad de recuperar los dineros invertidos; si es bajo, la posibilidad es menor.

Se interpreta como porcentaje e indica que, por cada unidad monetaria invertida en el costo, se recupera y genera, además, fracciones de esas unidades invertidas que se expresan en centavos.

Relación beneficio/costo (B/C). Es el cociente de los beneficios (ingresos) recibidos y los costos totales (inversión y gastos), ambos actualizados. Es decir, el cociente del valor presente de los ingresos y los egresos obtenidos a partir de la tasa de oportunidad seleccionada.

$$B/C = \frac{VPIngresos / (1+i)^n}{VPCostos / (1+i)^n}$$

Donde: VP Ingresos = Valor presente de los ingresos; VP Costos = Valor presente de los costos; i = Tasa de oportunidad; n = Número de períodos

Este indicador establece cuántos pesos se obtienen de beneficios en valor presente, por cada peso de los costos también en valor presente, descontando en ambos casos la tasa de oportunidad del inversionista.

Cuando se trata de cultivos de ciclo corto no es necesario actualizar los valores con el concepto de valor de dinero en el tiempo y solo basta con dividir el ingreso total entre el costo total, como efectivamente ocurre en el cultivo del brócoli.

Eficiencia de la producción. Es la relación entre el precio de venta y el costo unitario. En la medida en que sea mayor el precio de venta y se aleje del costo unitario, la eficiencia se aumenta:

$$\text{Eficiencia} = \text{Precio de venta} / \text{Costo unitario}$$

Cuando esta eficiencia es igual a uno quiere decir que el producto se vendió exactamente al costo de producción; si es mayor que uno quiere decir que el precio es mayor que el costo unitario de producción; cuando es menor que uno, significa que se ha trabajado a pérdida por cuanto el precio de venta es inferior al costo de producción.

Análisis económico costos de producción del brócoli en el oriente antioqueño

Como producto del taller realizado el día 26 de septiembre de 2014 en Rionegro, Antioquia, que contó con la presencia de productores y expertos en el cultivo del brócoli, se hizo el levantamiento del patrón de costos.

Se tomó como base la tecnología local de producción que especifica las diferentes actividades del cultivo, comenzando con la preparación del suelo hasta el corte y la recolección del producto.

Esta información se puede apreciar en la tabla 23.

Tabla 22. Costos de producción de una hectárea de brócoli en el oriente antioqueño sistema de producción tradicional 2014

Estructura de costos Actividades	Unidad	Cantidad	Costo/hectárea		Participación %
			Valor unitario	Valor total	
COSTOS DIRECTOS				\$7.539.000,00	88,9
MANO DE OBRA				\$2.652.000,00	31,3
Desmante	jornal	8	\$27.000,00	\$216.000,00	2,5
Recolección de residuos	jornal	5	\$27.000,00	\$135.000,00	1,6
Arada	ha	1	\$300.000,00	\$300.000,00	3,5
Rastrillada	ha	1	\$300.000,00	\$300.000,00	3,5
Construcción de eras	jornal	10	\$27.000,00	\$270.000,00	3,2
Ahoyado y siembra	Jornal	8	\$27.000,00	\$216.000,00	2,5
Deshierbe y aporque	jornal	6	\$27.000,00	\$162.000,00	1,9
Aplicación de fertilizantes	jornal	6	\$27.000,00	\$162.000,00	1,9
Aplicación fertilizantes foliares	jornal	2	\$27.000,00	\$54.000,00	0,6
Aplicación de herbicidas	jornal	-	\$27.000,00	\$-	0,0
Control de plagas y enfermedades	jornal	6	\$27.000,00	\$162.000,00	1,9
Recolección (ha)	jornal	25	\$27.000,00	\$675.000,00	8,0
INSUMOS				\$4.887.000,00	57,7
Plántulas	plántula	40	\$43.000,00	\$1.720.000,00	20,3
Insecticidas:					0,0
Apache (Cipermetrina)	litro	0,6	\$24.000,00	\$14.400,00	0,2
Babosin (matababosa)	libra	5	\$4.000,00	\$20.000,00	0,2
Fipronil (Regent)	250 cc	1	\$37.500,00	\$37.500,00	0,4
Fungicidas					0,0
Clorotalonil	litro	2	\$27.000,00	\$54.000,00	0,6
Carbendazim	litro	1	\$22.000,00	\$22.000,00	0,3
Difenoconazol	litro	0,5	\$60.000,00	\$30.000,00	0,4
			Materia orgánica y fertilizantes		0,0
Materia orgánica	bulto	30	\$12.500,00	\$375.000,00	4,4
Triple 15	bulto	12	\$67.200,00	\$806.400,00	9,5
Fertilizante foliar	global	2	\$32.000,00	\$64.000,00	0,8
Elementos menores	bulto	3	\$77.900,00	\$233.700,00	2,8
Herramientas					0,0
Empaques	caja	1500	\$600,00	\$900.000,00	10,6
Transporte	viaje	22	\$25.000,00	\$550.000,00	6,5
Herramientas varias	global	1	\$60.000,00	\$60.000,00	0,7
COSTOS INDIRECTOS				\$937.083,00	11,1
Arriendo de terreno	ha	1	\$750.000,00	\$750.000,00	8,8
Asistencia técnica	ha	0	\$-	\$-	0,0
Costos financieros	ha	1	\$187.083	\$187.083,00	2,2
Imprevistos					0,0
TOTAL COSTOS				\$8.476.083,00	100
Ingresos	tonelada	12	\$800.000,00	\$9.600.000,00	
Ingreso neto				\$1.123.917,00	
Rentabilidad				\$13,00	
Costo unitario				\$706,34	
Precio kilo de venta				\$800,00	
Eficiencia				\$1,13	

Fuente: Martínez 2014

La información de la tabla 23 permite apreciar que el cultivo se realiza con actividades que inician con el desmonte y recolección de residuos que tienen una participación del 4,1 por ciento del total de los costos de producción. Una vez se efectúa esta labor, el suelo queda listo para la preparación que se hace con maquinaria y consiste en un pase de arado y una rastrillada; esto representa el 7% del total de costos de producción. Luego de preparar el suelo, viene la siembra, que comienza con la hechura de eras, trabajo que se realiza manualmente, emplea 10 jornales y participa con el 3,2 por ciento de los costos totales. Seguidamente viene el ahoyado que también es manual y emplean ocho jornales.

Al terminar la siembra, o sea, la puesta del material vegetal en el sitio definitivo, se procede a la aplicación de fertilizantes, herbicidas y el control de plagas y enfermedades, actividades con una participación de 5,3 por ciento sobre el total de costos de producción. La última labor es la recolección, que se hace manualmente e incluye actividades como corte, selección y clasificación; la participación es del 8 por ciento del total de los costos de producción. En total, la mano de obra representa el 31,3% de los costos totales de producción.

El otro componente de los costos lo constituyen los insumos: material de siembra (las plántulas) con una participación del 20,3% producción; se considera el insumo básico que garantiza una buena producción. Los insecticidas participan solo con el 0,8 por ciento del total de costos de producción y los fungicidas con un 13%. La fertilización tiene dos variantes, una orgánica, con el 4,4% del total de los costos de producción, y otra química (Triple 15, abonos foliares y elementos menores) cuya participación es del 13,1. Ahora bien, el rubro que mayor participación tiene es el Triple 15 con el 9,5% del total de costos de una hectárea de brócoli.

Las herramientas tienen una participación muy baja en la estructura de costos de producción: 60.000 pesos colombianos; cabe anotar que esta inversión se hace para varios ciclos del cultivo. El rubro total de insumos es del 57,3 por ciento del total de los costos de producción de una hectárea de brócoli.

Los costos indirectos se componen de arrendamiento del terreno, 8,8% del total de los costos de producción; se tomó el costo de oportunidad, es decir, lo que se tendría que pagar si no se fuera dueño de la tierra. Los costos financieros se estimaron como el 5% de los costos directos y participan con el 2,2% de los costos totales. En general la participación de los costos indirectos es de 11,1% del total de costos de producción.

Al comparar el precio de venta del kilo con el costo de producción, se puede establecer que la eficiencia del cultivo para una hectárea es de 1,13, lo que significa que por cada peso invertido en el costo de sembrar una hectárea de brócoli se recuperan y generan 13 centavos. En esas circunstancias, una hectárea permite alcanzar un ingreso neto positivo del orden de 1.123.917 pesos colombianos, con una rentabilidad del 13,2 % (tabla 24).

Tabla 23. Indicadores económicos de mayor importancia en una ha de brócoli con una producción de 12 t/ha en el oriente antioqueño 2014

Variable	Valor \$
Cotos totales \$ col.	8.476.083
Rendimiento t/ha	12
Costo unitario \$/kg.	706,3
Precio \$/kg.	800
Ingresos brutos \$ col.	9.600.000
Ingresos netos \$ col	1.123.917
Rentabilidad	13,2
Relación B/C	1,13

Fuente: Martínez 2014

El costo de producción de una hectárea de brócoli es de 8.476.083 pesos colombianos. El rendimiento es de 15 toneladas por hectárea y el precio de venta de 800.000 pesos por tonelada, lo que equivale a 800 pesos por kilogramo; por su parte el costo unitario de producción es de 561 pesos por kilo de brócoli producido o cosechado.

Al comparar el precio de venta del kilo con el costo de producción se puede establecer la eficiencia del cultivo para una hectárea, que es de 1,41, lo que significa que por cada peso invertido en el costo de sembrar una hectárea de brócoli se recuperan y generan 41 centavos. En estas circunstancias, la hectárea permite alcanzar un ingreso neto positivo del orden de 3.523.917 pesos colombianos, con una rentabilidad del 41,4 % (tabla 25).

Tabla 24. Indicadores económicos de mayor importancia en una hectárea de brócoli con una producción de 15 t/ha en el oriente antioqueño 2014

Variable	Valor \$
Cotos totales \$ col	8.476.083
Rendimiento t/ha	15
Costo unitario \$/kg	565.1
Precio \$/kg	800
Ingresos brutos \$ col	12.000.000
Ingresos netos \$ col	3.523.917
Rentabilidad	41,4
Relación B/C	1,4

Fuente: Martínez 2014

Análisis de competitividad

Cabe anotar que este análisis se ha hecho con base en el mismo manejo descrito, pero si se logran aumentar los rendimientos con una mayor racionalidad del uso de los insumos, se podrá mejorar la competitividad por la vía de bajar el costo unitario de producción, lo que genera excedentes tanto para el productor como el consumidor. En otras palabras, en la medida en que por bajo costo se amplíe la brecha entre el precio de venta y el costo unitario de producción, el consumidor podrá adquirir el producto final a un precio por debajo del que estaba dispuesto a pagar.

Al evaluar el posicionamiento en los mercados, se aprecia que la producción de brócoli del oriente antioqueño abastece a los municipios del departamento y a la ciudad de Medellín, y genera excedentes exportables a otras regiones como la costa atlántica donde más del 70 % del brócoli que se consume proviene de esta región que provee a los mercados de Montería, Sincelejo, Barranquilla y Cartagena principalmente.

Con esta información se pueden establecer las diferencias en cuanto a las ventajas de las tecnologías generadas en los diferentes modelos de producción forjados por la investigación agrícola y por Corpoica.

Bibliografía

- Acuerdo de competitividad cadena de hortalizas de Antioquia. 2007. Medellín: FAO, Maná, Gobernación de Antioquia, Adeproa, Corpoica.
- Agencia de Desarrollo Local del Oriente. 2010. Conozca el Oriente antioqueño. Adeproa; [consultado 2014 nov]. <http://www1.eafit.edu.co/adeproa/conozcaOriente.html>.
- Agrios G. 2005. Plant Pathology. 5.^a ed. San Diego: Elsevier Academic Press.
- Agronet. 2014. Exportaciones 2010-2014 de brócoli y coliflor. [consultado 2014 dic]. <http://www.agronet.gov.co/www/htm3b/ReportesAjax/VerReporte.aspx>
- Agronet. 2013. Agromapas. [consultado 2014 dic]. <http://www.agronet.gov.co/agronetweb1/Agromapas.aspx>
- Agronet. s. f. Exportaciones del sector agropecuario por cadena productiva 2010-2014. [consultado 2014 dic]. http://www.agronet.gov.co/www/htm3b/ReportesAjax/parametros/reporte79_2011.aspx?cod=79
- Alves RF, Gimenez A. 2001. Armazenamento de hortaliças. Brasilia: Embrapa Hortaliças.
- Arango J. 1998. Relación suelo-agua-planta. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Ávila MC, Velandia J, López A. 2000. Enfermedades y plagas de las hortalizas y su manejo. Bogotá: ICA.
- Barfield CS. 1989. El muestreo en el manejo integrado de plagas. En Andrews KL, Quesada JR, editores. Manejo integrado de plagas insectiles en la agricultura. Estado actual y futuro. San Antonio de Oriente: Departamento de Protección Vegetal, Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano. pp. 146-162.
- Baron CG, Maradei FE, Barés C. s. f. Manejo poscosecha de brócoli. Mercado central de Buenos Aires; [consultado 2014 nov]. <http://www.mercadocentral.gob.ar/zip tecnicas/brocoli.pdf>
- Báscones E. s. f. Análisis de suelo y consejos de abonado. La Rioja; [consultado 2014 ago].

https://www.larioja.org/npRioja/cache/documents/518266_inea_interpretacion_suelos.pdf;jsessionid=AF7367306CFE6DF7A98242065EC5BE2D.jvm1

Bleiholder H, Feller C, Hess M, Meier U, Van den Boom T, Lancashire P, Buhr FL, Hack H, Klose FR, Stauss R. 2001. Estadios de las plantas mono-y dicotyledóneas. 2.^a ed. Berlín: Centro Federal de Investigaciones Biológicas para Agricultura y Silvicultura

Bonilla CR, Villamil JA, Mendoza F. 2011. Cartillas del corredor cultivando su futuro, Brócoli, *Brassica oleracea* L. var. Itallica. Bogotá: EPE Medios Ltda.

Cantwell M, Suslow T. 2007. Broccoli. UC Davis; [consultado 2014 nov]. <http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Veg/broccoli.shtml>

Castaño J, Del Rio L. 1997. Manual para el diagnóstico de hongos, bacterias, virus y nematodos fitopatógenos. Zamorano, Honduras: Zamorano Academic Press.

Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza, Catie. 1990. Proyecto regional manejo integrado de plagas. Guía para el manejo integrado de plagas del cultivo de tomate. Turrialba: Catie.

Chumakov MA, Kuznetsova TL. 2009. Economic Plants and their Diseases, Pests and Weeds. Project Interactive Agricultural Ecological Atlas of Russia and Neighboring Countries. Agro Atlas; [consultado 2014 dic] https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0CCMQFjAB&url=http://www.interempresas.net/DistribucionHortofruticola/Articulos/59742-El-brocoli-una-hortaliza-que-gana-posiciones-en-el-mercado-y-en-los-fogones.html&ei=UleUVLquDIymNqOGhAg&usg=AFQjCNH1w6DiV2RneQgSj0R7gBqL3m0_gg

Ciampitti, IA, García FO. 2008. Requerimientos nutricionales absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios, II Hortalizas, frutales y forrajeras. IPNI (International Plant Nutrition Institute; [consultado 2014 nov]. <http://lacs.ipni.net/article/LACS-1083>

Ciro PC, Villegas B. 2009. Mis buenas prácticas agrícolas. Guía para agroempresarios. Bogotá: ICA, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, CCI.

Coba ME. 2011. Producción y evaluación de bioensilaje de brócoli y avena como suplemento en vacas lecheras [trabajo de grado] Escuela Superior Politécnica

de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. [consultado 2014 nov].
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1058/1/17T01015.pdf>.

Colombia, Presidencia de la República. Decreto 1594, Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI - Parte III - Libro II y el Título III de la Parte III Libro I del Decreto 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos. Bogotá: Diario Oficial, junio 26 de 1984.

Combariza JA. 2013. Perfil nacional de consumo de frutas y verduras. Bogotá: FAO-MinSalud.

Córdoba OJ. 2006. Manejo integrado de arvenses. En: Jaramillo JE, Díaz CA, compiladores. El cultivo de las crucíferas, brócoli, coliflor, repollo, col china. Manual técnico 20. Rionegro: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). pp. 142-150.

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. 2014. Encuestas de captura y diagnóstico modelo tecnológico de Brócoli. Rionegro, Colombia: Corpoica.

Corporación Colombia Internacional. 2005. Plan Hortícola Nacional. Bogotá: CCI.

Costa L. 2010. Manejo poscosecha en brócoli. Informe Frutihortícola. 26(306):1-4

Cucuzza J, Dodson J, Gabor B, Jiang J, Kao J, Randleas D, Stravato V, Watterson J. 1999. Enfermedades de las crucíferas. Guía práctica para los agricultores, productores y comercializadores de semillas y asesores agrícolas. Saticoy: Petoseed.

Dastres R. s. f. Gestión Comercial en el negocio de las Hortalizas Procesadas. Chile: DiG Ltda.

Departamento Nacional de Planeación. 2011. Plan Nacional de desarrollo 2010-2014. Bogotá: DNP.

Diago JP. 2014. España: Se estabiliza la producción y los precios del brócoli. Fresh Plaza; [consultado 2014 jul].
<http://www.freshplaza.es/article/79559/Espa%C3%B1a-Se-estabiliza-la-producci%C3%B3n-y-los-precios-del-br%C3%B3coli>.

Eco Mum Pack del Valle S.A.S. 2011. Agro empaque liviano de madera, para frutas y hortalizas. Empaques para Frutas; [consultado 2014 nov].
<http://empaquesparafrutas.blogspot.com/>

- Flórez LE, González G, Pulido SP, Wyckhuys K, Escobar H, Salamanca C, Zamudio A, Jiménez J, Gil R, Fuentes LE, Niño N, Fuentes L, Bojacá C. 2012. Manual para el cultivo de hortalizas. Lechuga (*Lactuca sativa* L.). Bogotá: Produmedios.
- Flórez R, Segura M, Ortiz J. 2010. Brócoli *Brasica oleracea* L. var. Italica. Producción y manejo poscosecha. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia
- Fuentes JL. 1991. Características agronómicas del riego por goteo. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Gallego MM. s. f. Plan de Limpieza y desinfección, Manual BPF. Tecnoalbura; [consultado 2014 nov]. file:///C:/Users/cvalenciac/Downloads/B.Plan_de_Limpieza_y_Desinfeccion1.pdf
- García C, Moreno DA, Carvajal M, Martínez MC, inventores; Consejo Superior de Investigaciones Científicas (Csic), assignee. 2012 may 18. Polvo vegetal para alimentación y protección vegetal y métodos de preparación. WO2012062947 A1; [consultado 2014 nov]. <http://digital.csic.es/handle/10261/55977>
- García HR, Peña AC, García C. 2008. Manual de prácticas de cosecha y acondicionamiento de la uchuva con fines de exportación. Bogotá: Corpoica.
- Gobernación de Antioquia. 2012. Plan de Desarrollo de Antioquia 2012-2015. Medellín: Gobernación de Antioquia.
- Gobernación de Antioquia, Alcaldía de Medellín, Área Metropolitana. 2008. Lineamientos de Ordenación Territorial para Antioquia (LOTA). Medellín: Imprenta Departamental de Antioquia.
- Gobernación de Antioquia, Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. 2014. Anuario estadístico del sector agropecuario en el departamento de Antioquia 2013. Medellín: Gobernación de Antioquia, Secretaría de Desarrollo Rural.
- Gobernación de Antioquia. 2006. Anuario Estadístico de Antioquia. [consultado 2014 ago]. <http://www.antioquia.gov.co/antioquia-v1/organismos/planeacion/anuario2006/transporte/indice-11.htm>.
- Gómez C. 2012. Manual para el cultivo de hortalizas. Las Arvenses en la Horticultura. Bogotá: Produmedios.
- Gómez MI. 2006. Manual técnico de fertilización de cultivos. Bogotá: Microfertisa.

- Guerrero R. s. f. Manual técnico. Propiedades generales de los fertilizantes. Monómeros; [consultado 2014 ago]. <http://www.monmeros.com/descargas/dpmanualfertilizacion.pdf>.
- Gutiérrez RM, Vásquez MJ. 2014. Caracterización de las etapas de desarrollo de coliflor (*Brassica oleracea* L. var botrytis L.) y brócoli (*Brassica oleracea* L. var italica Plenck.) en Rionegro, Antioquia (bh-MB) [trabajo de grado] [Medellín]: Universidad Nacional de Colombia.
- Hermelin M. 1992. Los suelos del oriente antioqueño, un recurso no renovable. Bull Inst Fr Études Andines. 21(1)25-36; [consultado 2014 jul]. [http://www.ifeanet.org/publicaciones/boletines/21\(1\)/25.pdf](http://www.ifeanet.org/publicaciones/boletines/21(1)/25.pdf).
- Herrera C, Jaramillo J, Pinzón H, Sánchez G. 2002. Taller de Hortalizas. Productividad-Mercadeo 2002. Bogotá: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Herrera CA, Laiton M, Sánchez GD, Paredes A. 2006. Guía para la implementación de buenas prácticas agrícolas en lechuga y brócoli. Mosquera: Corpoica-Corpoboyacá.
- Herrera J. 2002. Programación de siembras. En: Producción sostenible de hortalizas. Curso de Actualización profesional. Centro de Investigaciones y Asesorías Agroindustriales. Chía, Cundinamarca: Universidad Jorge Tadeo Lozano.
- Instituto Colombiano Agropecuario. 1992. Fertilización en diversos cultivos. Manual de Asistencia Técnica No. 25. Mosquera: ICA.
- Instituto Colombiano Agropecuario. 2012. Manejo fitosanitario del cultivo de hortalizas (Medidas para temporada invernal). ICA: Bogotá.
- Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá. 2012. Tabla de composición de alimentos de Centroamérica. Guatemala: Incap, OPS.
- Inforganic. 2004. La importancia de la materia orgánica en el suelo. [consultado: 2014 dic 2014]. <http://inforganic.com/node/497>.
- Instituto Internacional de la Potasa. 1968. Vademécum de la Potasa. Hannover: Instituto Internacional de la Potasa.
- Jaramillo JE, Díaz CA. 2006. El cultivo de las crucíferas, brócoli, coliflor, repollo, col china. Manual técnico 20. Rionegro: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). Generalidades del cultivo; p. 9-55.

- Jaramillo J, Leyva E. 2002. El cultivo de las crucíferas (repollo, brócoli y coliflor). En: Taller de hortalizas, productividad-mercadeo. Mosquera, Cundinamarca: Corpoica, Tibaitatá. pp 14-32.
- Jaramillo JE, Ríos G. 2007. Estrategias de producción limpia de hortalizas. Boletín Técnico. Rionegro: Corpoica.
- Jaramillo JE, Rodríguez VP, Guzmán VP, Zapata CM, Rengifo MT. 2007. Buenas prácticas agrícolas (BPA) en la producción de tomate bajo condiciones protegidas. Manual técnico. Medellín: Gobernación de Antioquia, MANA, Corpoica, FAO.
- Jaramillo JE, Rodríguez VP, Gil LF, García M MC, Hío JC, Quevedo GD, Sánchez GD, Aguilar PA, Pinzón LM, Zapata MA, et al. . 2013. Tecnología para el cultivo del tomate bajo condiciones protegidas. Bogotá: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), MinAgricultura.
- Jaramillo JE, Tamayo PJ, Sánchez GD, Díaz CA. 2006. Manejo de semilleros de hortalizas. Manual Técnico 8. Rionegro: Corpoica.
- Kader AA. 2007. Tecnología postcosecha de cultivos hortofrutícolas. Berkeley: Universidad de California. Capítulo 4, Biología y tecnología postcosecha: un panorama. P. 45-56.
- Lee R, Escobar H. 2000. Manual de lechuga lisa bajo invernadero. Bogotá: Universidad Jorge Tadeo Lozano.
- León A. 2012. El brócoli, una hortaliza que gana posiciones en el mercado y en los fogones. Interempresas; [consultado 2014 nov]. <http://www.interempresas.net/Distribucion-Hortofruticola/Articulos/59742-El-brocoli-una-hortaliza-que-gana-posiciones-en-el-mercado-y-en-los-fogones.html>.
- Llerena FA. s. f. Drenaje superficial en terrenos agrícolas. Sagarpa; [consultado 2014 ago]. <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasCOUSSA/Drenaje%20superficial%20en%20terrenos%20agricolas.pdf>.

- Londoño M. 2006a. Cosecha y manejo poscosecha. En: Jaramillo JE, Díaz CA. El cultivo de las crucíferas, brócoli, coliflor, repollo, col china. Manual técnico 20. Rionegro, Colombia: Corpoica. pp. 153-176.
- Londoño ME. 2006b. Manejo integrado de plagas. En: Jaramillo JE, Díaz CA. El cultivo de las crucíferas, brócoli, coliflor, repollo, col china. Manual técnico 20. Rionegro, Colombia: Corpoica. pp. 75-97.
- Londoño ME, Fernández CR, Jaramillo JE. 2001. Lepidópteros asociados a la formación de cabeza o florete en crucíferas. En Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), Sociedad Colombiana de Entomología Hortalizas. Plagas y enfermedades. Rionegro, Colombia: Corpoica-Sociedad Colombiana de Entomología. pp. 63-71.
- Martínez AM. 2014. Modelo productivo de brócoli para Antioquia. Rionegro, Antioquia: Corpoica.
- Martínez GE, Barrios SG, Rovesti L, Santos PR. 2006. Manejo Integrado de Plagas. Manual Práctico. Cuba: Centro Nacional de Sanidad Vegetal (CNSV); [consultado 2014 dic]. https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0CCMQFjAB&url=http://www.interempresas.net/DistribucionHortofruticola/Articulos/59742-El-brocoli-una-hortaliza-que-gana-posiciones-en-el-mercado-y-en-los-fogones.html&ei=UleUVLquDIymNqOGhAg&usg=AFQjCNH1w6DiV2RneQgSj0R7gBqL3m0_gg
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 2011. Anuario estadístico de frutas y hortalizas 2007-2011. Bogotá: MADR.
- Montenegro H, Malagón D. 1990. Propiedades físicas de los suelos. Bogotá: Instituto geográfico Agustín Codazzi.
- Moreno AA. s. f. Conceptos técnicos sobre coadyuvantes de uso agrícola. Bogotá: Coadyuvantes Acuasys – SYS Technologies.
- Moreno K. 2008. Proyecto empresarial "Estudio de factibilidad para la producción de hortalizas en la zona rural del municipio de Tabio en Cundinamarca" [trabajo final especialización]. [Bogotá]: Universidad de la Salle.
- Muñoz AR. 1995. Fertilización del tomate (*Lycopersicon esculentum*) en Colombia. Ponencia presentada en: Seminario sobre fertilización de cultivos. Sociedad

colombiana de la ciencia del suelo, Comité regional de Antioquia. Medellín, Colombia.

Murcia GA. 2012. Labranza de conservación en el cultivo de cebolla de rama. En: Manual de cebolla de rama. Mosquera: Corpoica.

Oleas MR, Salazar W. s. f. Análisis de competitividad de la cadena agroalimentaria del brócoli: brócoli fresco/brócoli congelado. SICH; [consultado 2014 nov]. http://www.sich.unal.edu.co/sich/datos_publicos/analisis_de_la_competitividad_de_la_cadena_del_brocoli.pdf.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2013. Manual para el mejoramiento del manejo poscosecha de frutas y hortalizas. Operaciones de cosecha y campo. FAO; [consultado 2014 oct]. <http://www.fao.org/docrep/x5055s/x5055S03.htm#2>.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2012a. Principales importadores de brócoli en el mundo. FAOSTAT; [consultado 2014 ago]. <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/browse/T/TP/S>.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2012b. Principales productores de brócoli en el mundo. FAOSTAT; [consultado 2014 ago]. <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#anchor>.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Organización Mundial de la Salud. c2015. Codex Alimentarius. Normas internacionales de los alimentos. [consultado 2014 dic]. http://www.codexalimentarius.net/web/index_es.jsp

Pilarte F. s. f. Función de los elementos esenciales en los cultivos. A4N; [consultado 2014 ago]. http://www.a4n.com.sv/uploaded/mod_documentos/Funci_n%20de%20los%20elementos%20esenciales%20en%20los%20cultivos.pdf.

Proantioquia. 2012. Desarrollo rural y competitividad - Anotaciones sobre Antioquia (Documento interno de trabajo) [consultado 2014 jul]. <http://proantioquia.org.co/web/images/documentos/4DesarrolloRuralYCompetitividad.pdf>

Ramírez P, Cadavid LA, Ríos J, Tamayo SA. s. f. Efecto de la quema controlada en las propiedades físicas de un andisol ubicado en el corregimiento de Santa Elena. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín; [consultado 2014 jul].

http://www.unalmed.edu.co/~esgeocien/documentos/rramirez/efecto_de_la_q_uema_controlada_en_las_propiedades_fisicas_de_un_andisol_ubicado_en_el_corregimiento_de_santa_elena.pdf.

Ríos G, Vásquez L, Galindo J. 2014. Línea base de la tecnología local de producción y evaluación de riesgos, en la producción primaria de lechuga y brócoli, en el municipio de Marinilla, departamento de Antioquia. Rionegro, Colombia: Corpoica.

Ross EA, Hardy LA. 1997. Irrigation Guide. Chapter 9: Irrigation Water Management. United States Department of Agriculture; [consultado 2014 jul]. <file:///F:/2015/guia%20de%20riego%20USDA.pdf>

Ryder EJ. 1998. Physiology of germination, growth and development. En: Lettuce, endive and chicory. Crop production Science in horticulture. Nueva York: Cabi Publishing.

Sakata. c2015a. Brócoli Avenger. [consultado 2014 ago]. <http://www.sakata.com.mx/es/avenger.html>.

Sakata. c2015b. Brócoli Marathon F1. [consultado 2014 ago]. http://www.sakatavegetables.com/index.cfm/fuseaction/plants.plantDetail/plant_id/42/typeID/64/index.htm.

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. 2011. Zonificación agropecuaria, piscícola, y forestal. Medellín: Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural.

Semillas Arroyave. 2014. Ficha técnica. Brócoli variedad Legacy. [consultado 2014 sep]. <http://www.semillasarroyave.com/categoria-producto/hortalizas/>.

Seidl A. s. f. Land Evaluation and Site Assessment. Boulder: Department of Agricultural and Resource Economics, Colorado State University.

Syngenta. c2015. Nemátodos (*Meloidogyne* spp.). [consultado 2014 sep]. <http://www3.syngenta.com/country/es/sp/cultivos/tomate/plagastomate/Paginas/nematodos.aspx>

Tamayo A. 2006a. Suelos y fertilización En: Jaramillo JE, Díaz CA. El cultivo de las crucíferas, brócoli, coliflor, repollo, col china. Manual técnico 20. Rionegro: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, (Corpoica). pp. 57-74.

Tamayo PJ. 2006b. Manejo integrado de enfermedades y desordenes abióticos. En: Jaramillo JE, Díaz CA. El cultivo de las crucíferas, brócoli, coliflor, repollo, col

china. Manual técnico 20. Rionegro: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). pp. 99-139.

Tamayo PJ, Jaramillo JE. 2004. Enfermedades de las crucíferas en Colombia: Guía para su diagnóstico y manejo. Bogotá: Corpoica.

Thompson I. 2014. El empaque. Marketing Free; [consultado 2014 nov] <http://www.marketing-free.com/producto/empaques.html>.

Toda Colombia. c2005-2015. Departamento de Antioquia. [consultado 2014 jul]. <http://www.todacolombia.com/departamentos/antioquia.html#1>

Toro J. Rodríguez RM, Echeverri R, Castaño CA, Jaramillo RD, Preciado A, Giraldo A. s. f. s. f. Plan estratégico para un pacto social por el desarrollo del oriente antioqueño. Alcaldía de Medellín; [consultado 2014 oct]. <https://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/wpccontent/Sites/Subportal%20del%20Ciudadano/Planeaci%C3%B3n%20Municipal/Secciones/Plantillas%20Gen%C3%A9ricas/Documentos/5toCongresoCiudad/Presentaci%C3%B3n%20PLANEEO%201.pdf>.

Universidad Nacional Agraria La Molina. s. f. Programa de Hortalizas. [consultado 2014 sep]. <http://www.lamolina.edu.pe/hortalizas/>.

USAID-Red. 2008. Manual de producción de Brócoli. Proyecto de diversificación económico rural. [consultado 2014 nov] http://bvirtual.infoagro.hn/xmlui/bitstream/handle/123456789/111/RED_Manual_Produccion_Brocoli_06-08.pdf?sequence=1.

United States Department of Agriculture, Agricultural Marketing Services. 2013. Grades and Standards. USDA; [consultado 2014 nov]. <http://www.ams.usda.gov/standards>.

United States Department of Agriculture, Agricultural Marketing Services. 2006. United States Standards for Grades of Italian Sprouting Broccoli. Fruit and vegetable Programs, Fresh Products Branch. USDA; [consultado 2014 nov]. <http://www.ams.usda.gov/AMSV1.0/getfile?dDocName=STELPRDC5050252>.

United States Department of Agriculture, Agricultural Marketing Services. 1997. United States Standards for Grades of Broccoli. Fruit and vegetable Programs, Fresh Products Branch. USDA; [consultado 2014 nov]. <http://www.ams.usda.gov/AMSV1.0/getfile?dDocName=STELPRDC5050401>.

Vélez LM, Ríos AF, García AM. 2014. Manual técnico para las buenas prácticas de cosecha y poscosecha de frutas y hortalizas. Medellín: Fotomontaje S.A.S.

Villalobos-Reyes S, Castellanos-Ramos JZ, Tijerina-Chávez L, Crespo-Pichardo G. 2005. Coeficientes de desarrollo del cultivo de brócoli con riego por goteo. Terra Latinoamericana 23(3):329-333; [consultado 2015 ago]. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57311101004>.

Zárate MM. 1991. El manejo poscosecha de frutas y verduras. Agricultura Tropical. 28(2):89-101.

Zeidan O. 2005. Tomato production under protected conditions. Israel: Mashav, Cinadco, Ministry of Agriculture and Rural Development Extension Service.

