

Modelo productivo

de **ahuyama** para la región Caribe
colombiana

Colección Transformación del Agro



El campo
es de todos

Minagricultura

Modelo productivo de ahuyama para la región Caribe colombiana

Autores

Ender Manuel Correa Álvarez
Marlon José Yacomelo Hernández
Rommel Igor León Pacheco
Alfonso Rafael Orozco Guerrero
Gabriel Ernesto Silva Acosta
Ricardo Enrique Tamara Morelos

Bogotá, Colombia 31 de mayo de 2019

Modelo productivo de ahuyama para la región Caribe colombiana / Ender Manuel Correa Álvarez [y otros cinco] -- Mosquera, (Colombia): AGROSAVIA, 2019.

219 páginas (Colección: Transformación del Agro)

Incluye referencias bibliográficas, tablas y fotos

ISBN E-book: 978-958-740-274-2e

1. Calabaza (cucúrbita) 2. Taxonomía 3. Fitogenética 4. Fisiología vegetal 5. Manejo del suelo 6. Riego 7. Prácticas agrícolas 9. Plagas de plantas 10. Enfermedades de las plantas 11. Indicadores económicos 12. Colombia

Palabras clave normalizadas según Tesauro Multilingüe de Agricultura Agrovoc

Catalogación en la publicación – Biblioteca Agropecuaria de Colombia

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA)

Centro de Investigación Caribia. Corregimiento de Sevilla, municipio Zona Bananera, departamento del Magdalena, a 65 km al sur de la capital de Santa Marta. Código postal 478037, Colombia.

Esta publicación es resultado del proyecto de Agrosavia "Una variedad de ahuyama tipo pastelito para la región Caribe colombiana y recomendaciones tecnológicas de manejo" realizado por Agrosavia con auspicio de Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural con el convenio TV17 de febrero de 2017.

Fecha de recepción: 30 de agosto de 2018

Fecha de evaluación: 4 de septiembre de 2018

Fecha de aceptación: 28 de noviembre de 2018

Colección Transformación del Agro

Publicado en Mosquera, Colombia, julio de 2019

Preparación editorial

Editorial AGROSAVIA

editorial@agrosavia.co

Edición: Liliana Gaona García y Ana María Castillo

Corrección de estilo: Alejandro Merlano Aramburo

Línea de atención al cliente: 018000121515

atencionalcliente@agrosavia.co

www.agrosavia.co

Nota: A partir de mayo de 2018, la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria cambió su acrónimo Corpoica por AGROSAVIA.

Citación sugerida: Correa Álvarez, E. M., Yacomelo Hernández, M. J., León Pacheco, R. I., Orozco Guerrero, A. R., & Silva Acosta, G. E. (2019). *Modelo productivo de ahuyama para la región Caribe colombiana*. Mosquera, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).

Cláusula de responsabilidad: AGROSAVIA 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	16
Capítulo II	
Clasificación taxonómica	21
Capítulo III	
Descripción botánica	22
Semillas	22
Sistema radical	22
Tallos	22
Hojas	23
Flores	23
Frutos	23
Fenología	29
Fase vegetativa	29
Fase reproductiva	29
Fase productiva	29
Capítulo IV	
Recursos fitogenéticos y propagación	33
Variedades	37
Capítulo V	
Exigencias edafoclimáticas para el desarrollo del cultivo	42
Capítulo VI	
Manejo del recurso suelo	50
Fertilidad de los suelos	51
Herramientas de diagnóstico	51
para el manejo de la fertilidad del suelo	51
Identificación de síntomas por deficiencia o exceso de nutrientes en las plantas	52
Análisis de suelo y análisis foliares	57
Análisis de suelo	57
Análisis foliares	58
Formulación de planes de fertilidad	60
Métodos de aplicación de fertilizantes	65

Capítulo VII

Riego	71
Conceptos básicos.....	72
Cálculos para determinar las necesidades de riego en el cultivo	76
Cálculos para determinar la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo.....	78
Aplicación del sistema de riego por goteo.....	80
Aplicación del sistema de riego por aspersión	81
Ejemplo práctico e ilustrativo para riego por goteo: cultivo de ahuyama en el municipio de Zona Bananera (Magdalena, Colombia).....	82
Frecuencia de riego (FR)	89
Tiempo de riego (TR).....	89
Operación del riego.....	90
Ejemplo práctico e ilustrativo para riego por aspersión: cultivo de ahuyama en el municipio de Zona Bananera (Magdalena, Colombia).....	92
Frecuencia de riego (FR)	100
Tiempo de riego (TR).....	101
Operación del riego.....	103
Tensiómetro: método alternativo para la aplicación del riego.....	104

Capítulo VII

Prácticas agronómicas.....	110
Sistemas de siembra	110
Fecha de siembra.....	110
Preparación del terreno.....	111
Siembra	119
Labores culturales	119

Capítulo IX

Manejo de malezas	124
--------------------------------	------------

Capítulo X

Manejo integrado de plagas y enfermedades (mipe)	129
Principales patologías.....	129
Enfermedades virales.....	129
Mildiu veloso (<i>Pseudoperonospora cubensis</i> [Berkeley & Curtis] Rostovtsev)	132
Antracnosis (<i>Colletotrichum orbiculare</i> [Berk.] Arx [syn. <i>Colletotrichum lagenarium</i> (Pass.) Ellis & Halst.])	134
Tizón foliar o alternariosis (<i>Alternaria cucumerina</i> [Ellis & Everh.]).....	135
Pudrición de raíces (<i>Fusarium</i> spp.) y de cuello (<i>Phytophthora capsici</i>).....	137
Mildiu polvoriento (<i>Golovinomyces cichoracearum</i> [DC.] V. P. Heluta [syn. <i>Erysiphe cichoracearum</i> DC.], <i>Sphaerotheca fuliginea</i> [Schlecht. ex Fr.] Poll. y <i>Podosphaera xanthii</i> [Px] [Castag.] U. Braun y N. Shish)	139
Mosca blanca (<i>Bemisia tabaci</i> [Hemiptera: Aleyrodidae])	144

Gusano barrenador del fruto del pepino (<i>Diaphania hyalinata</i> L.) y del melón (<i>Diaphania nitidalis</i> Stoll.)	145
Trips (<i>Thrips palmi</i>)	146
Ácaros (<i>Tetranychus urticae</i>)	147
Control químico de plagas y enfermedades	151
Capítulo XI	
Cosecha, poscosecha y transformación.....	166
Capítulo XII	
Indicadores económicos.....	177
Los autores	198
Referencias	200
Anexos	208

Lista de figuras

Figura 1	Zonificación climática de la región Caribe colombiana	19
Figura 2	Subregiones naturales de la región Caribe colombiana.....	20
Figura 3	Semillas y hojas de cultivares regionales de ahuyama	24
Figura 4	Estructura y distribución del tallo en una planta de ahuyama.....	25
Figura 5	Tallos secundarios o guías de una planta de ahuyama	26
Figura 6	Flores y frutos	27
Figura 7	Abejas polinizadoras en ahuyama.....	28
Figura 8	Fase vegetativa en el cultivo de ahuyama.....	31
Figura 9	Fases reproductiva y productiva en el cultivo de ahuyama	32
Figura 10	Centro de origen del genero Cucurbita	36
Figura 11	Cultivares mejorados de ahuyama.....	41
Figura 12	Esquema para la identificación de deficiencias nutricionales en ahuyama. Patrón: patrón de comparación (hoja sin deficiencia nutricional).	56
Figura 13	Procedimiento para la toma de muestras de suelo	59
Figura 14	Identificación del tercio medio en guía para la toma de muestras de análisis foliar en ahuyama	59
Figura 15	Aplicación de fertilizante en corona.....	66
Figura 16	Representaciones gráficas de los conceptos	75
Figura 17	Días, ETo y Kc de la fase vegetativa del cultivo	85
Figura 18	Perfil del suelo con cuatro horizontes y sus respectivos espesores ..	93
Figura 19	Tensiómetros	108
Figura 20	Sistemas de siembra	117
Figura 21	Preparación del terreno.....	118
Figura 22	Siembra de la semilla en campo.....	121
Figura 23	Raleo y guiado de tallos secundarios.....	122
Figura 24	Alzado de frutos.....	123
Figura 25	Malezas comunes en cultivos de ahuyama	126
Figura 26	Malezas con posibles síntomas de fitovirosis	127
Figura 27	Control de malezas en cultivo de ahuyama	128
Figura 28	Virosis en ahuyama	131
Figura 29	Síntomas de enfermedades foliares	141
Figura 30	Mosca blanca (<i>Bemisia tabaci</i>) en ahuyama	149
Figura 31	Diaphania en ahuyama	150

Figura 32	Cosecha en cultivo de ahuyama	168
Figura 33	Comercialización de ahuyama en plazas de mercado	170
Figura 34	Clasificación por formato de frutos en genotipos regionales de ahuyama	171
Figura 35	Clasificación por formato de frutos en genotipos regionales de ahuyama	172
Figura 36	Clasificación por formato de frutos en genotipos regionales de ahuyama	173
Figura 37	Tabla de colores de Roche para evaluación del color de la pulpa en ahuyama	174
Figura 38	Ejemplo de algunos productos agroindustriales a base de ahuyama ..	176
Figura 39	Comportamiento trimestral de promedios históricos de precios de ahuyama (COP/kg) en mercados de las principales ciudades de la región Caribe de Colombia.....	197

Lista de tablas

Tabla 1	Diez primeros puestos del ranking mundial de producción, área cosechada y rendimiento de <i>Cucurbita</i> spp. (calabazas, zapallos y calabazas confiteras) en relación con Colombia, año 2016	14
Tabla 2	Características agroecológicas de la región Caribe de Colombia	17
Tabla 3	Estadísticas a nivel nacional y regional de las variables de producción, área cosechada y rendimiento en ahuyama, periodo 2010-2017	18
Tabla 4	Clasificación taxonómica de la ahuyama (<i>Cucurbita moschata</i> Duch.) ..	21
Tabla 5	Colecciones de germoplasma de <i>Cucurbita</i> spp. en América Latina ...	34
Tabla 6	Acervos genéticos de las especies cultivadas de <i>Cucurbita</i> spp.	35
Tabla 7	Características agronómicas de las variedades UNAPAL Bolo Verde y UNAPAL Mandarinó.....	37
Tabla 8	Características agronómicas de la variedad UNAPAL-Abanico 75	38
Tabla 9	Características agronómicas de la variedad UNAPAL-Llanogrande.....	39
Tabla 10	Características agronómicas de la variedad UNAPAL-Dorado.....	40
Tabla 11	Climatología de municipios productores de ahuyama en el Caribe colombiano: Bolívar (valores promedio del periodo 1980-2010).....	43
Tabla 12	Climatología de municipios productores de ahuyama en el Caribe colombiano: Atlántico (valores promedio del periodo 1980-2010)	45
Tabla 13	Climatología de municipios productores de ahuyama en el Caribe colombiano: Cesar (valores promedio del periodo 1980-2010)	46
Tabla 14	Climatología de municipios productores de ahuyama en el Caribe colombiano: Magdalena (valores promedio del periodo 1980-2010)..	47
Tabla 15	Climatología de municipios productores de ahuyama en el Caribe colombiano: Córdoba (valores promedio del periodo 1980-2010).....	48
Tabla 16	Climatología de municipios productores de ahuyama en el Caribe colombiano: Sucre (valores promedio del periodo 1980-2010)	49
Tabla 17	Principales funciones de los nutrientes	53
Tabla 18	Resumen de los síntomas de deficiencias nutricionales en vegetales ..	55
Tabla 19	Recomendación de plan de fertilización.	61
Tabla 20	Resultado del análisis de suelo un mes antes del establecimiento de un cultivo de ahuyama en el CI Caribia.	62
Tabla 21	Plan de fertilización	64
Tabla 22	Fuentes de fertilizantes disponibles en Colombia	67
Tabla 23	Compatibilidad química de algunas fuentes de fertilizantes en mezcla ..	69

Tabla 24	ETo promedio para diferentes regiones agroclimáticas en mm·día ⁻¹	74
Tabla 25	Fenología del cultivo.....	82
Tabla 26	ETo del cultivo en el periodo del sistema productivo.....	82
Tabla 27	Fases fenológicas del cultivo en días.....	84
Tabla 28	Resultados del análisis de agua para riego.....	86
Tabla 29	Resultados de los análisis físicos tomados para cada horizonte del perfil del suelo	93
Tabla 30	Resumen de los cálculos realizados para el suelo y la planta	98
Tabla 31	Interpretación de las lecturas del tensiómetro.....	109
Tabla 32	Tecnología local de producción de grupos de agricultores de ahuyama (<i>Cucurbita moschata</i>) en zonas productoras del Caribe colombiano ...	113
Tabla 33	Relación general entre densidad aparente del suelo y crecimiento radicular con base en la textura del suelo	116
Tabla 34	Distancias de siembra, poblaciones y rendimiento esperado en cultivares regionales de ahuyama.....	120
Tabla 35	Resumen sobre enfermedades foliares en ahuyama causadas por hongos.....	142
Tabla 36	Ejemplo de clasificación de MoA del FRAC	153
Tabla 37	Ejemplo de clasificación de MoA del IRAC	154
Tabla 38	Pesticidas biológicos con registro ICA para cultivos de cucurbitáceas en Colombia	155
Tabla 39	Fungicidas con registro ICA para cultivos de cucurbitáceas en Colombia....	155
Tabla 40	Insecticidas y acaricidas con registro ICA para cultivos de cucurbitáceas en Colombia.....	161
Tabla 41	Clasificación del FRAC de ingredientes activos de fungicidas con registro ICA para cultivos de cucurbitáceas en Colombia	163
Tabla 42	Clasificación del IRAC de ingredientes activos de insecticidas y acaricidas con registro ICA para cultivos de cucurbitáceas en Colombia.....	165
Tabla 43	Conceptos y ecuaciones para el cálculo de algunos parámetros económicos.....	179
Tabla 44	Costos de producción por hectárea estimados para la asociación de agricultores Tierra de Zapallos, del corregimiento Pueblo Bujo, Montería, Córdoba, año 2017	182
Tabla 45	Costos de producción por hectárea estimados para la Asociación de Productores Agropecuarios Atnamana II Zona Agrícola (Aproagro), del municipio de Maicao, La Guajira, año 2017	184

Tabla 46	Costos de producción por hectárea estimados para la Asociación de Pequeños Productores y Comercializadores Agropecuarios y Pesqueros de La Travesía (Asotravesía), municipio de Mompo, Bolívar, año 2017	186
Tabla 47	Costos de producción por hectárea estimados para la Asociación de Productores Hortofrutícola del alto San Jorge (Asphas), del municipio La Apartada, Córdoba, año 2017	187
Tabla 48	Resumen de costos de producción e indicadores económicos por hectárea para cuatro asociaciones de agricultores de ahuyama en zonas productoras del Caribe colombiano	190
Tabla 49	Abastecimiento de ahuyama en el mercado de Barranquilla por municipio, en toneladas, periodo 2013-2017	191
Tabla 50	Promedio de precios mensuales por kilogramo de ahuyama en las principales plazas de mercado de la región Caribe de Colombia, en COP, periodo 2013-2017	193
Tabla 51	Resumen de promedios de valores históricos mensuales de precios de ahuyama (COP/kg) en las principales ciudades de la región Caribe de Colombia	196

Introducción

Las cucurbitáceas son una de las familias botánicas de mayor interés para el hombre. Según Jeffrey (1980), esta familia comprende aproximadamente 130 géneros y 900 especies. Dentro de los géneros más importantes, se encuentran *Cucumis* (pepino y melón), *Citrullus* (sandía) y *Cucurbita*, dentro del cual se encuentran las especies cultivadas conocidas comúnmente como calabazas (*Cucurbita pepo* L.), calabazín (*Cucurbita pepo* var. *italica* L.), Zucchini (*Cucurbita pepo* L.) y ahuyamas o zapallos (*Cucurbita moschata* [Duchesne ex Lam.] Duchesne ex Poir. y *Cucurbita maxima* Duchesne ex Lam.).

En la región Caribe de Colombia, las especies *C. moschata* y *C. maxima* se conocen como ahuyamas, mientras que en el interior del país se conocen como zapallos. Así mismo, esta región ha sido propuesta como el centro de origen¹ de esta especie vegetal, lo que explica en gran parte su tradición productiva y de consumo en el país (Kates, Soltis, & Soltis, 2017; Nee, 1990; Valdés, 2014). La versatilidad de usos para el consumo fresco la han posicionado dentro de los alimentos que integran la seguridad alimentaria de los pequeños productores de agricultura familiar; además, su importancia se ha incrementado en el tiempo, debido a descubrimientos de atributos, como su valor nutritivo (vitaminas, carbohidratos y minerales), sus propiedades medicinales y sus usos como materia prima para la agroindustria, la artesanía y la decoración (Caili, Huan, & Quanhong, 2006; Correa, 2015; Escalada, Campos, Gerschenson, & Rojas, 2009; Escalada, Ponce, Stortz, Gerschenson, & Rojas, 2007; Ortiz, Vallejo, Baena, Estrada, & Valdés, 2013; Ubaque, Orozco, Ortiz, Valdés, & Vallejo, 2014; Vallejo & Estrada, 2004).

Su cultivo es frecuente en agroecosistemas de economía campesina, ya sea como cultivo principal, transitorio o en sistemas de producción intercalados y de relevo con frutales, ornamentales y forestales (Correa, 2015; Vallejo & Estrada, 2004). En la región Caribe, las áreas de siembra han evolucionado progresivamente, pasando

¹ Centro de origen: región geográfica donde se originó una especie, es decir, el sitio donde la planta silvestre fue domesticada por el hombre y desde la que, luego, se dispersó. Es un hecho histórico (Vallejo y Estrada, 2013).

de pequeñas áreas ($\approx 500 \text{ m}^2$), destinadas para el autoconsumo, a áreas comerciales (≈ 2 hectáreas [ha]), como actividad económica para los pequeños productores. En la última década, este cambio le ha conferido a la siembra de esta especie el estatus de “cultivo”, en razón a que las pequeñas áreas de autoconsumo implicaban solamente siembra y cosecha del producto, sin manejo agronómico, mientras que las actuales áreas comerciales con ánimo de lucro reciben manejo e inversión de insumos y jornales por parte de los pequeños agricultores (Correa, 2015).

Según estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO), para el año 2016, la producción mundial de *Cucurbita* spp., que incluye la ahuyama, estuvo alrededor de los 26,5 millones de toneladas (t), obtenidas en aproximadamente 2 millones de hectáreas, con rendimientos medios de $13,3 \text{ t/ha}^{-1}$. China continental es el mayor productor, con 7,7 millones de toneladas, mientras que India presenta la mayor área cosechada, con 528.000 ha, y Bahréin reporta los mayores rendimientos, con $94,2 \text{ t/ha}^{-1}$; Colombia, por su parte, se ubica a nivel mundial en los puestos 44, 34 y 61 en producción, área cosechada y rendimiento, respectivamente (Faostat, s. f.) (tabla 1).

En Colombia, las cifras oficiales para el año 2017 en área cosechada, producción y rendimiento fueron de 10.480 ha, 124.001 t y 12 t/ha^{-1} , respectivamente, de las cuales la región Caribe participó con el 55 % del área cosechada (5.765 ha) y con el 41 % de la producción nacional (50.751 t), lo que demuestra la importancia de este cultivo en la región; además, se estima que esta área cosechada corresponde aproximadamente a 2.880 productores del Caribe colombiano. Pese a la importancia del cultivo en esta área geográfica de Colombia, el nivel tecnológico de los cultivos es significativamente inferior al implementado por productores de otros departamentos del país, como Valle del Cauca, Santander y Norte de Santander, los cuales muestran rendimientos entre 19 y 27 t/ha^{-1} , mientras que en la región Caribe oscilan entre 5,5 y $11,5 \text{ t/ha}^{-1}$ (Agronet, 2018). Estas diferencias tecnológicas radican principalmente en factores como: la calidad de las semillas, labores culturales, la nutrición y el riego bajo parámetros agronómicos y la protección fitosanitaria del cultivo con base en criterios de diagnóstico y aplicación de manejos integrados de plagas y enfermedades.

Tabla 1. Diez primeros puestos del ranking mundial de producción, área cosechada y rendimiento de Cucurbita spp. (calabazas, zapallos y calabazas confiteras) en relación con Colombia, año 2016

País	Producción		Área cosechada		Rendimiento	
	Ranking	Toneladas	Ranking	Hectáreas	Ranking	t/ha
Mundo	-	26.486.616	-	1.992.003	-	13,3
China	1	7.789.437	2	422.761	-	-
continental						
India	2	5.073.678	1	528.753	-	-
Federación de Rusia	3	1.224.711	7	57.012	-	-
Ucrania	4	1.209.810	5	58.600	-	-
Estados Unidos de América	5	1.005.150	9	41.640	-	-
México	6	677.048	-	-	-	-
Indonesia	7	603.325	-	-	2	68,3
Italia	8	580.188	-	-	10	31,4
Cuba	9	518.862	6	57.018	-	-
Turquía	10	489.999	4	106.697	-	-
Camerún	-	-	3	156.589	-	-
Ruanda	-	-	8	55.378	-	-
Sudáfrica	-	-	10	40.731	-	-
Bahréin	-	-	-	-	1	94,2
Países Bajos	-	-	-	-	3	51,1
España	-	-	-	-	4	48,3
Kuwait	-	-	-	-	5	36,2
Polonia	-	-	-	-	6	35,6
República de Corea	-	-	-	-	7	34,0
Austria	-	-	-	-	8	33,7
Emiratos Árabes Unidos	-	-	-	-	9	33,0
Colombia	44	73.079	34	5.368	61	13,6

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Faostat (s. f.).

El presente documento titulado *Modelo productivo de ahuyama para la región Caribe colombiana*, constituye un nuevo aporte técnico-científico de los

investigadores de la Red de Hortalizas y Plantas Aromáticas, de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). Aquí se compilan los resultados de investigación más importantes de AGROSAVIA, así como aportes técnicos significativos de los actores del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología Agroindustrial de Colombia (SNCTA) y de otras entidades del orden técnico y de investigación de América Latina y el Caribe, sobre los aspectos económicos, agronómicos y de cosecha y poscosecha del cultivo de ahuyama. Por ello, se espera que esta publicación sea utilizada principalmente por productores y asistentes técnicos como herramienta técnica para el manejo agronómico y para la toma de decisiones en el cultivo de ahuyama en la región Caribe de Colombia.

Capítulo I

Área geográfica y entorno ambiental

La región Caribe colombiana se encuentra ubicada al norte del país y está compuesta por siete departamentos continentales (Córdoba, Sucre, Bolívar, Atlántico, Magdalena, Cesar y La Guajira), un departamento insular (San Andrés, Providencia y Santa Catalina) y 197 municipios, donde en total habitan aproximadamente 10,5 millones de personas, y en las áreas rurales se ubican 2,2 millones de personas (tabla 2). El modelo productivo se ha propuesto para esta región del país, que se caracteriza por su tradición en producción y consumo de ahuyama. Esta afirmación se basa en las cifras crecientes de producción y área cosechada, que han pasado de 9.072 t y 857 ha en 2010 a 50.751 t y 5.765 ha en 2017; sin embargo, en términos de rendimiento, las cifras no han evolucionado, debido al rezago tecnológico del cultivo en esta región del país. Actualmente, la región Caribe participa con el 41 % de la producción nacional y con el 55 % del área cosechada en el país (tabla 3).

De acuerdo con la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA, 2017), el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC, 2012) y Meisel y Pérez (2006), las condiciones agroecológicas predominantes de la región, como los pisos térmicos cálido (91 %) y medio (6 %), favorecen al cultivo, ya que su rango de adaptación se encuentra entre los 0 y 2.300 m.s.n.m. Los cuerpos de agua suman unas 87.000 hectáreas y muestran diversos tipos de paisajes, principalmente planicies, lomeríos y montaña, y otros, como piedemonte y valles aluviales. La frontera agrícola de la región está cerca de los 7,5 millones de hectáreas y solamente 573.000 hectáreas corresponden a cultivos, lo que indica que únicamente se está aprovechando alrededor del 8 % del área potencial para la agricultura. Así mismo, esta región presenta suelos con fertilidad entre moderada y muy alta en cerca de 6,3 millones de hectáreas (tabla 2, figura 1).

Como zonas homogéneas dentro de esta región, el IGAC propone para el país seis regiones naturales (Insular, Caribe, Andina, Pacífico, Orinoquia y Amazonia) y subregiones dentro de estas; para el caso de la región Caribe, se determinaron siete subregiones, a saber: Península de La Guajira, Sierra Nevada de Santa Marta, Delta del Río Magdalena, Sabanas del Caribe, Valles del Río Sinú y Alto San Jorge, Depresión Momposina y Golfo de Urabá (figura 2).

Tabla 2. Características agroecológicas de la región Caribe de Colombia

Ítem	Descriptor	Unidad	Valor
Organización político-administrativa	Área geográfica	ha	13.201.298
	Departamentos	Número	8
	Municipios	Número	197
Habitantes	Población total	Número	10.583.937
	Población rural	Número	2.237.038
Suelos	Uso adecuado	ha	5.302.761
	Sobreutilizado	ha	3.662.223
	Subutilizado	ha	3.588.497
	Zonas urbanas y áreas sin información	ha	667.963
	Frontera agrícola	ha	7.515.096
	Cultivos en suelos agrícolas	ha	572.765
	Suelos agrícolas en otras actividades	ha	3.231.457
	Muy baja fertilidad	ha	3.305.462
	Baja fertilidad	ha	3.058.241
	Moderada fertilidad	ha	4.601.128
	Alta fertilidad	ha	1.606.137
	Muy alta fertilidad	ha	63.061
Hidrografía	Embalses, lagos y lagunas	ha	23.185
	Ciénagas	ha	47.539
	Pantanos	Ha	17.145
Pisos térmicos	Cálido	Ha	11.514.985
	Medio o templado	Ha	748.914
	Frío	Ha	238.885
	Páramo	ha	106.480
	Glacial	ha	40.224
Paisaje	Lomeríos	ha	3.705.086
	Montaña	ha	2.942.212
	Superficie de aplanamiento	ha	233.246
	Piedemonte	ha	1.474.020
	Planicie	ha	3.870.295
	Valle aluvial	ha	424.631

Fuente: Elaboración propia a partir de la UPRA (2017) y Meisel y Pérez (2006)

Tabla 3. Estadísticas a nivel nacional y regional de las variables de producción, área cosechada y rendimiento en ahuyama, periodo 2010-2017

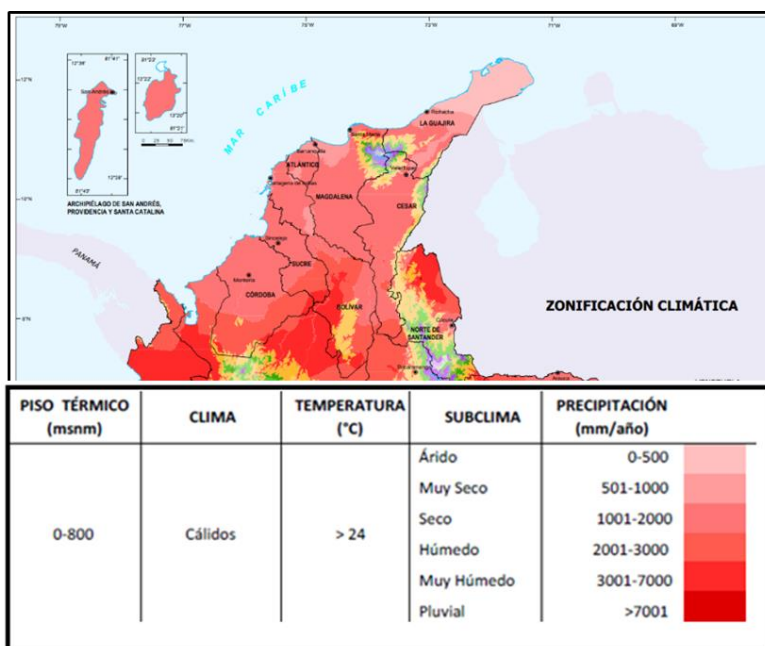
Año	Área geográfica	Producción		Área cosechada		Rendimiento t/ha ⁻¹
		t	PN (%)	ha	PN (%)	
2010	Colombia	37.784	100	3.095	100	13,0
	Región Caribe	9.072	24	857	28	12,0
	Bolívar	2.974	8	348	11	8,5
	Cesar	3.600	10	230	7	15,7
	La Guajira	1.478	4	219	7	6,7
	Magdalena	1.020	3	60	2	17,0
2011	Colombia	42.256	100	3.229	100	11,9
	Región Caribe	9.418	22	956	30	9,5
	Bolívar	1.102	3	185	6	6,0
	Cesar	5.614	13	346	11	16,2
	La Guajira	2.702	6	425	13	6,4
2012	Colombia	62.060	100	4.367	100	13,2
	Región Caribe	22.405	36	1.872	43	13,0
	Bolívar	2.665	4	287	7	9,3
	Cesar	8.686	14	500	11	17,4
	La Guajira	8.374	13	920	21	9,1
	Magdalena	2.680	4	165	4	16,2
2013	Colombia	70.544	100	5.312	100	12,8
	Región Caribe	33.128	47	2.532	48	13,2
	Bolívar	6.264	9	509	10	12,3
	Cesar	9.900	14	550	10	18,0
	La Guajira	5.895	8	576	11	10,2
	Magdalena	11.069	16	897	17	12,3
2014	Colombia	96.017	100	6.534	100	13,2
	Región Caribe	37.547	39	2.865	44	11,3
	Bolívar	3.200	3	297	5	10,8
	Cesar	20.482	21	1.277	20	16,0
	Córdoba	54	0	7	0	8,0
	La Guajira	6.106	6	601	9	10,2
	Magdalena	7.704	8	683	10	11,3
2015	Colombia	75.835	100	5.209	100	14,1
	Región Caribe	9.864	13	1.161	22	8,8
	Bolívar	3.750	5	340	7	11,0

Continúa

Continuación tabla 3

2016	La Guajira	2.833	4	461	9	6,1
	Magdalena	3.281	4	360	7	9,1
	Colombia	77.035	100	5.905	100	12,6
	Región Caribe	23.309	30	2.420	41	9,6
	Bolívar	5.699	7	609	10	9,4
	Cesar	10.256	13	640	11	16,0
	Córdoba	277	0	31	1	8,9
	La Guajira	4.489	6	832	14	5,4
2017	Magdalena	2.589	3	309	5	8,4
	Colombia	124.001	100	10.480	100	12,0
	Región Caribe	50.751	41	5.765	55	9,4
	Bolívar	15.312	12	1.342	13	11,4
	Cesar	10.572	9	983	9	10,8
	Córdoba	1.150	1	115	1	10,0
	La Guajira	10.556	9	1.945	19	5,4
	Magdalena	13.162	11	1.380	13	9,5

t: toneladas; ha: hectáreas; PN: participación nacional. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Agronet (2018).


Figura 1. Zonificación climática de la región Caribe colombiana.

Fuente: IGAC (2012)

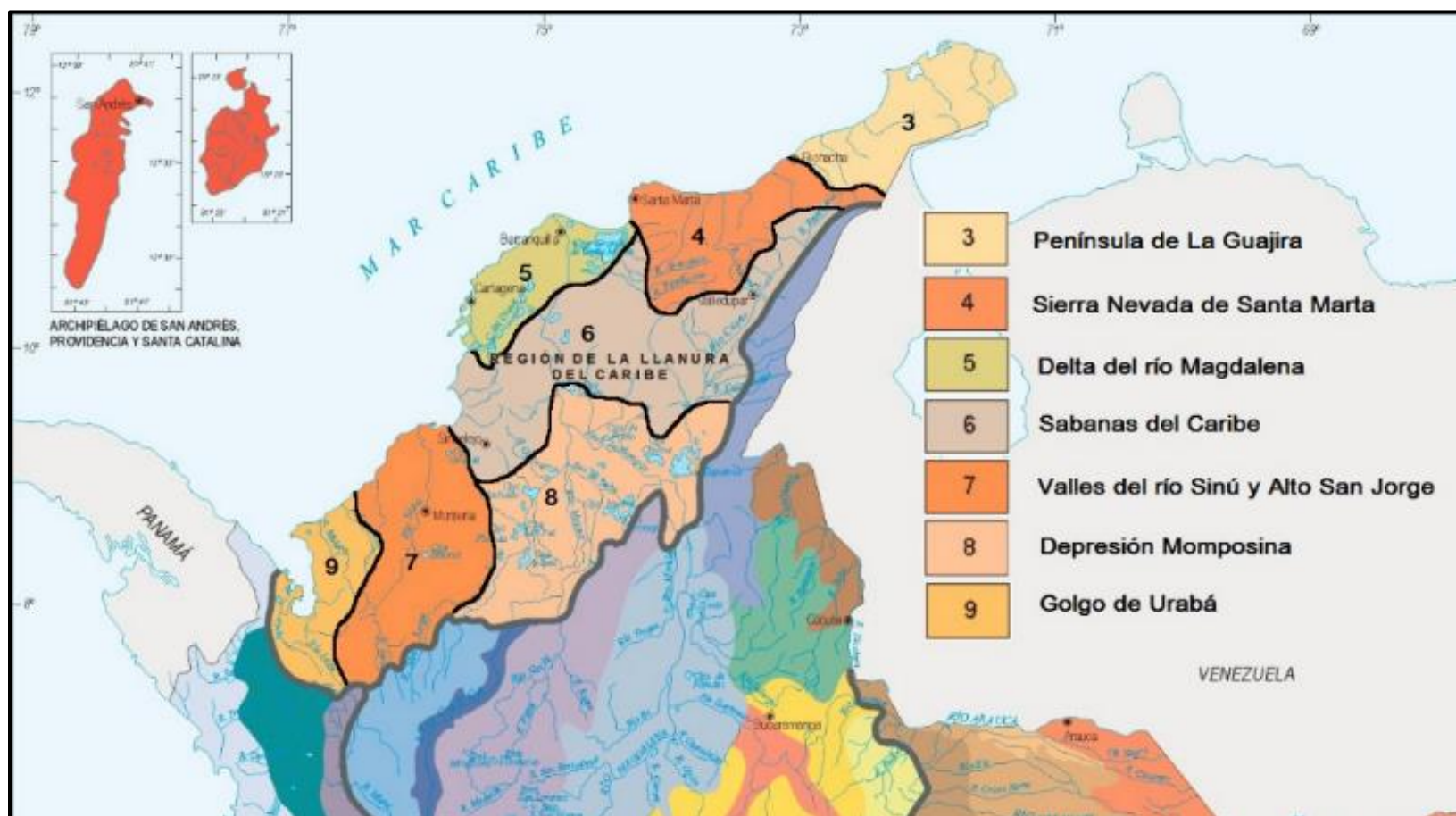


Figura 2. Subregiones naturales de la región Caribe colombiana.

Fuente: IGAC (2002)

Capítulo II

Clasificación taxonómica

Valdes (2014) señala que *C. moschata* fue domesticada en Suramerica, aunque no existe acuerdo sobre el área precisa de domesticación. Sin embargo, se ha mencionado que el norte de Colombia es posiblemente el centro de origen, pues allí se encuentran cultivares con mayor variación de tipos de frutos (Ortiz et al. 2013). En la tabla 4 se detalla la clasificación taxonómica de la especie *Cucurbita moschata* Duch.

Tabla 4. Clasificación taxonómica de la ahuyama (*Cucurbita moschata* Duch.)

Categoría	Taxón	Observación
Reino	Plantae	Organismos multicelulares con “habilidad” para generar sus propios nutrientes mediante la fotosíntesis
Subreino	Tracheobionta	Plantas con sistema vascular
Superdivisión	Spermatophyta	Plantas con semillas
División	Magnoliophyta	Plantas con flores
Clase	Magnoliopsida	Semillas con dos cotiledones
Subclase	Dilleniidae	Fruto bacciforme (frutos diversos carnosos y jugosos)
Orden	Cucurbitales	Frutos en forma de baya en cápsula, raramente secos e indehiscentes
Familia	Cucurbitaceae	Frutos provenientes de un ovario ínfero, por lo general tricarpelar y trilocular, con placentas marginales que se prolongan hacia la pared carpelar
Género	<i>Cucurbita</i>	Plantas herbáceas anuales, a menudo trepadoras mediante zarcillos, comúnmente con flores unisexuales
Especie	<i>Cucurbita moschata</i> Dúchesne Ex. Poir	La designación de <i>Cucurbita moschata</i> por parte de A. N. Dúchesne (1786) no fue aceptada inicialmente por Lamarck, según el editor de la <i>Encyclopédie méthodique botanique</i> . De Candolle (1805) y Poiret (1818) agregaron confusión al aplicar la nomenclatura binomial de Linneo al trabajo de Dúchesne. Más tarde, se aceptó <i>C. moschata</i> como separada de <i>C. pepo</i> , y por eso se expone “Ex”, o pasado, para referir que ya no se da crédito al trabajo de Poiret.

Fuente: Ortiz et al. (2013)

Capítulo III

Descripción botánica

Semillas

Las semillas son grandes, chatas y ovadas, y una de sus extremidades termina en punta. El peso aproximado es de 50 miligramos (mg) para los cultivares de frutos pequeños y de 250 mg para los de frutos más grandes. Un mayor tamaño las provee de una gran reserva cotiledonar, que favorece la germinación y el establecimiento de las plántulas (figura 3).

Sistema radical

La resistencia relativa del cultivo a la sequía se debe en cierta medida a la capacidad de su sistema radical, el cual presenta una raíz pivotante gruesa que puede penetrar hasta 1,80 m de profundidad en su madurez, aunque las raíces por debajo de los 60 (cm) no son importantes. Así mismo, las raíces activas alcanzan aproximadamente los 20, 40 y 60 cm de profundidad en las fases fenológicas vegetativas, reproductivas y productivas, respectivamente. Las guías o tallos rastreros que componen la planta tienen nudos con habilidad para la promoción radical y fijan el tallo al suelo, y así, al final del periodo vegetativo, se cuenta con una planta con un fuerte anclaje, que puede ocupar entre 8 y 10 metros cuadrados (m²) (Della Gaspera, 2013).

Tallos

Las plantas presentan guías o ramas de forma pentagonal, huecas, de consistencia herbácea y con pelos glandulares. El hábito de crecimiento es postrado y trepador, en donde se identifica una rama principal, de la cual, se derivan tres o más ramas laterales próximas al eje caulinar. Así mismo, estas ramas generalmente son extensas y desarrollan raíces adventicias en los nudos (figuras 4 y 5) (Della Gaspera, 2013).

Hojas

Las hojas de ahuyama (*C. moschata*) son pecioladas, de gran tamaño, cordiformes y lobuladas. En especies como *C. pepo*, las hojas son pubescentes y presentan generalmente de 3 a 5 lobulos con manchas blanquecinas en los ángulos internervales; mientras que *C. maxima*, carece de lóbulos o estos son cortos y redondeados (Della Gaspera, 2013) (figura 3).

Flores

La planta es monoica, por tanto, presenta flores masculinas y femeninas de manera independiente en la misma planta. Las flores son grandes, amarillas y vistosas que favorece la visita de insectos polinizadores. Así mismo, las flores femeninas son más grandes que las masculinas y se distinguen claramente por presentar ovario supero (Romano et al. 2008).

En cuanto a la biología floral, las flores masculinas aparecen entre 40 y 50 días después de emergencia, predominan sobre las femeninas, en proporciones que varían entre 4:1 y 10:1, y se forman más temprano a altas temperaturas y con una mayor duración del día (figura 6). Las flores femeninas, por su parte, aparecen en los extremos de las guías unos 5 días después que las flores masculinas. La polinización es generalmente cruzada y es realizada principalmente por abejas de los géneros *Apis mellifera*, *Peponapis* spp. y *Xenoglossa* spp., entre otros (figura 7), después de las 6 a. m., con máxima actividad entre las 8 y las 10 a. m. (Della Gaspera, 2013).

Frutos

Los frutos son clasificados como baya ínfera de tipo indehiscente. La predominante polinización cruzada (alogamia) de la especie conduce a la expresión de una amplia variación en la forma, tamaño, color y calidad de pulpa de los frutos. Algunas de las formas más comunes en los frutos son de tipo redondo, achatado, discoide, cilíndrico, bellota, ovalado y cuello de ganso entre otros. Así mismo, estos pueden presentar cera, moteados y variaciones en la textura de la piel que pueden ser lisas, rugosas y en algunas ocasiones presentar verrugas (Esquinas – alcazar & Gulick, 1983) (figura 6).



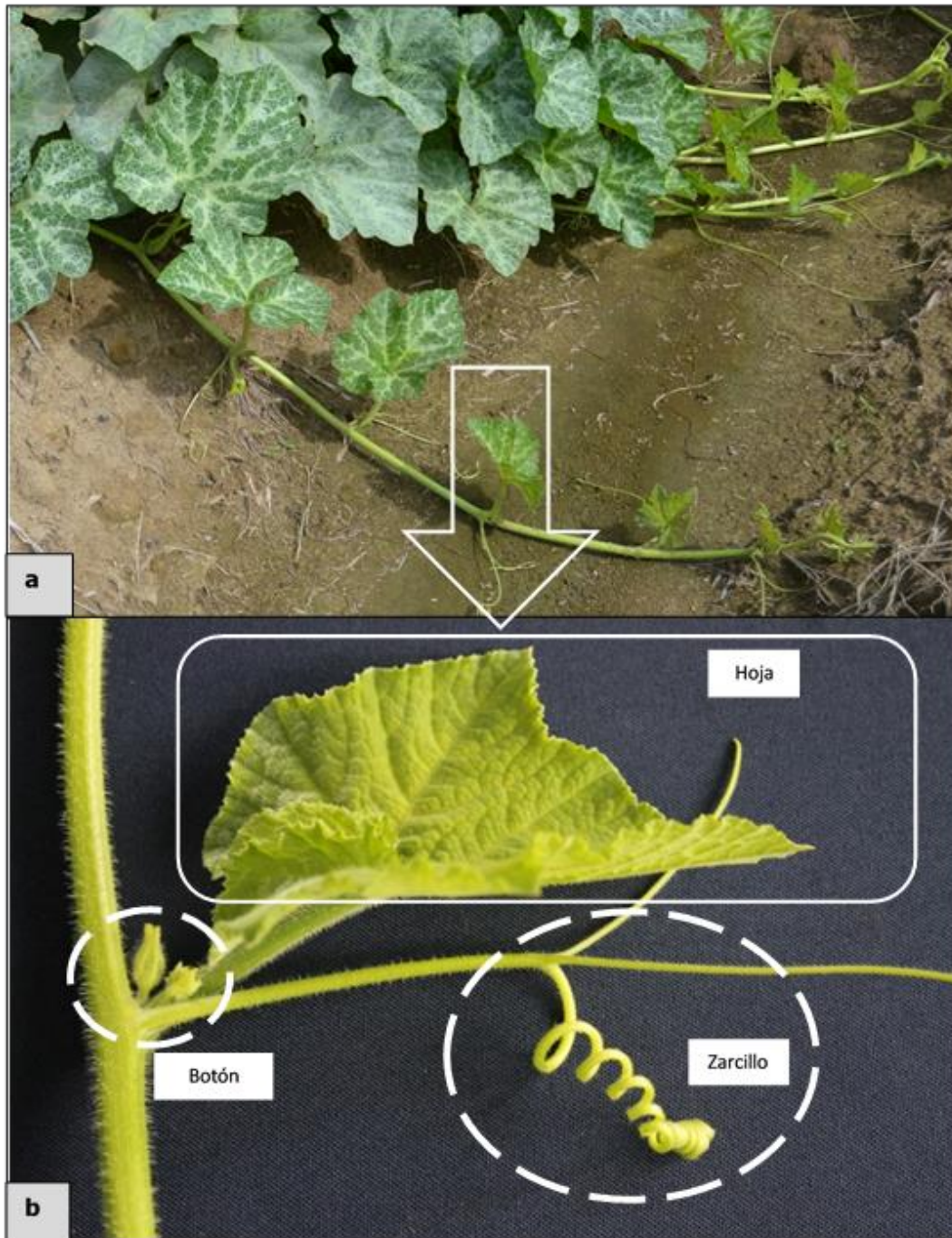
Fuente: Elaboración propia

Figura 3. Semillas y hojas de cultivares regionales de ahuyama. a. Variabilidad fenotípica de las semillas; b. Variabilidad fenotípica de las hojas.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4. Estructura y distribución del tallo en una planta de ahuyama. En el recuadro se puede apreciar el tallo principal.



Fuente: Elaboración propia y Daniel Mulford

Figura 5. Tallos secundarios o guías de una planta de ahuyama. a. Guías sobresaliendo de la planta; b. Detalle de un nudo y sus componentes.



Fuente: Elaboración propia

Figura 6. Flores y frutos. a. Flor femenina; b. Flor masculina; c. Variabilidad fenotípica de frutos en cultivares regionales de ahuyama.

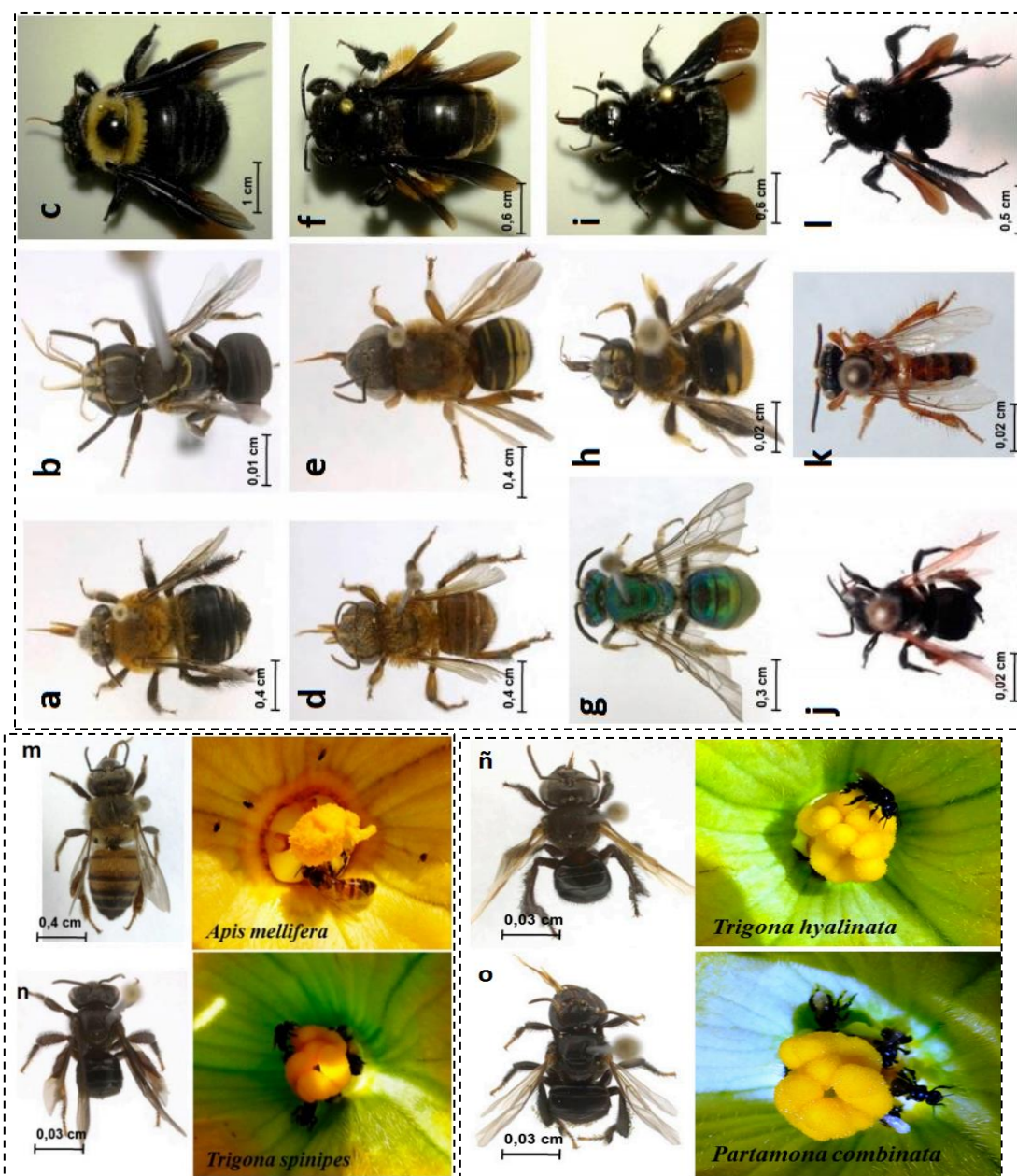


Figura 7. Abejas polinizadoras en ahuyama. a. *Peponapis fervens*; b. *Paratrigona lineata*; c. *Xylocopa grisescens*; d. *Melipona seminigra*; e. *Melipona quinquefasciata*; f. *Epicharis* sp.; g. *Augochlora* sp.; h. *Exomalopsis auropilosa*; i. *Bombus morio*; j. *Geotrigona mombuca*; k. *Tetragona* sp.; l. *Bombus atratus*; m. *Apis mellifera*, n. *Trigona spinipes*; ñ. *Trigona hyalinata*; o. *Partamona combinata*.

Fuente: Torezani, Laumann, de Sousa, Sujii y Pires (2017)

Fenología

La fenología es definida como los cambios externos visibles que son resultado del crecimiento y desarrollo de las plantas; dichos cambios están influenciados por las condiciones ambientales del lugar donde se establezca el cultivo. Bajo las condiciones de clima cálido que imperan en la región Caribe de Colombia, el ciclo del cultivo de ahuyama dura entre 110 y 130 días y abarca desde la siembra de la semilla en campo hasta la totalidad de la cosecha de los frutos (AGROSAVIA, 2017b). La fenología del cultivo de ahuyama para las condiciones de la región Caribe se puede detallar en las siguientes fases:

Fase vegetativa

Comprende desde la emergencia de las plantas hasta la expresión de aproximadamente el 70 % del área foliar del cultivo. La emergencia de las plantas ocurre en promedio de 4 a 5 días después de la siembra (DDS). La duración de esta fase se encuentra entre los 40 y 50 DDS (figura 8).

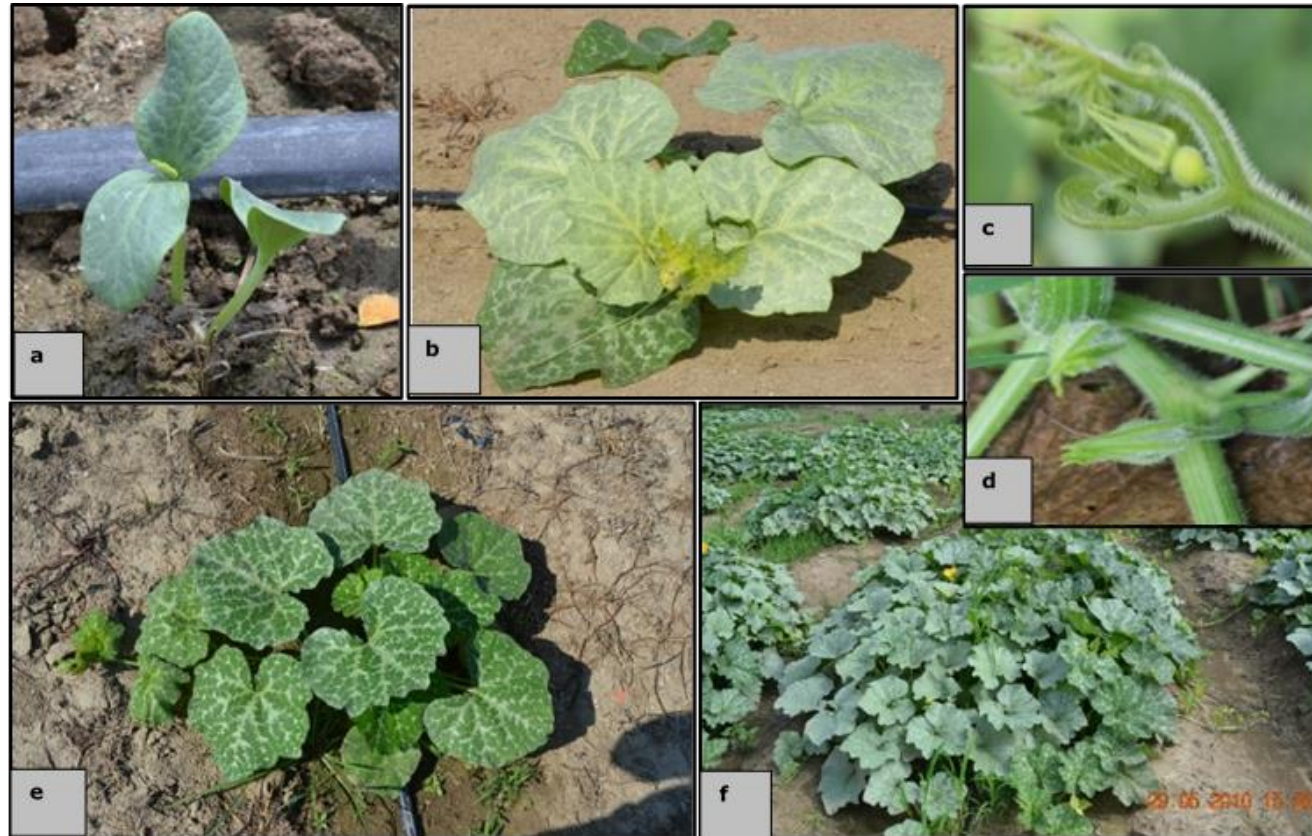
Fase reproductiva

Corresponde a la etapa de floración del cultivo (considerando que el porcentaje de las plantas con flores en antesis es $\geq 50\%$ de las plantas con flores en antesis), fecundación de las flores e inicio del cuajado de los frutos. La formación de flores puede ocurrir anticipadamente por diversos factores ambientales que generen estrés a las plantas. Bajo condiciones normales del cultivo, las flores masculinas completamente desarrolladas y abiertas se presentan entre los 40 y 50 días después de la emergencia (DDE), y las flores femeninas, entre 45 y 55 DDE (figura 9).

Fase productiva

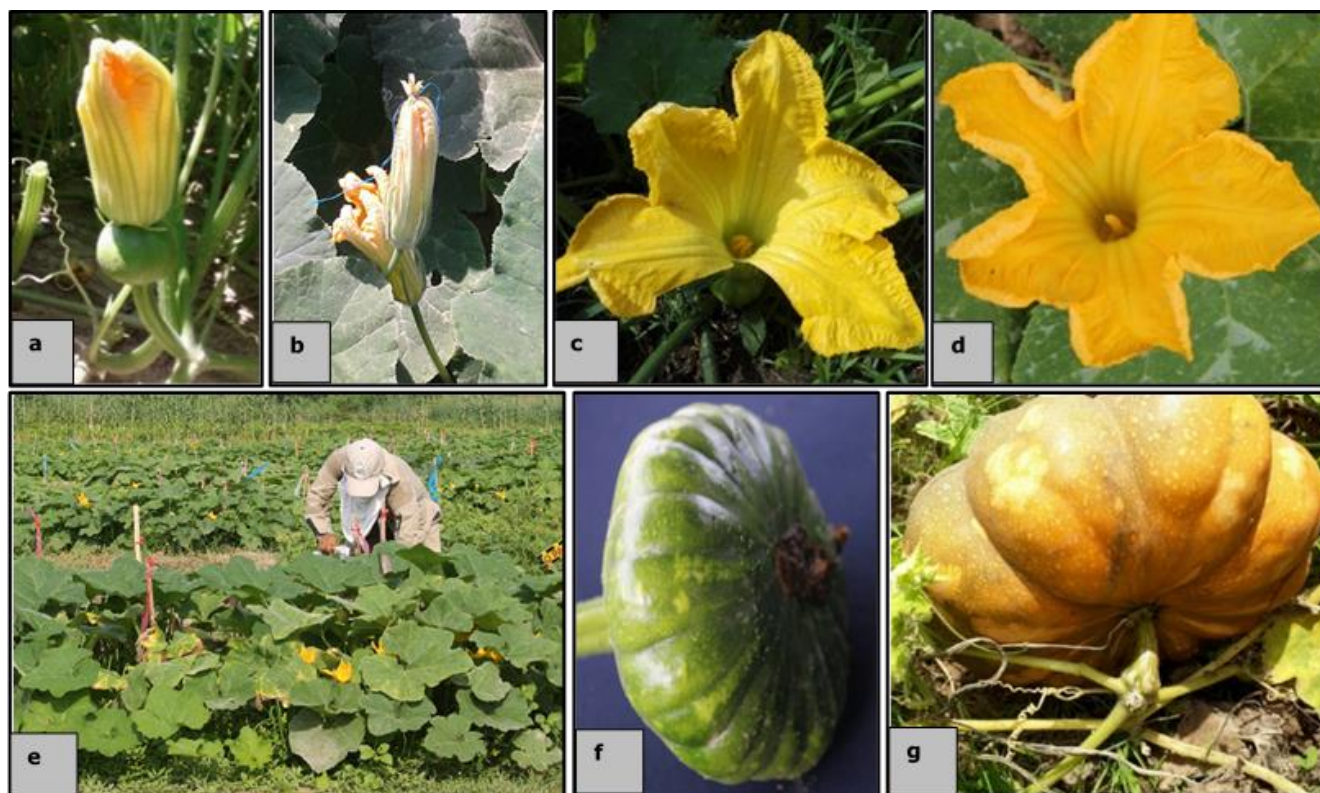
Este periodo comprende la formación de frutos y la cosecha. Generalmente, se pueden observar frutos en formación alrededor de los 60 DDE y frutos aptos para

la cosecha aproximadamente a los 90 DDE. El número de pases de cosecha que realizan los agricultores por ciclo productivo generalmente es de entre tres (3) y seis (6), con lo que el cultivo alcanza un ciclo productivo de más o menos 120 días. Así mismo, el indicador en campo para la cosecha de los frutos es que estos presenten el pedúnculo y el zarcillo secos (figura 9).



Fuente: Elaboración propia

Figura 8. Fase vegetativa en el cultivo de ahuyama. a. Emergencia de plántulas; b. Planta con primeras hojas verdaderas (hojas plateadas, característica común en algunos cultivares regionales); c. Inicio de la emergencia de flores femeninas y d. Inicio de la emergencia de flores masculinas; e. Crecimiento del área foliar; f. Vigor característico del cultivo al finalizar la fase vegetativa.



Fuente: Elaboración propia

Figura 9. Fases reproductiva y productiva en el cultivo de ahuyama. a. Flor femenina en antesis y b. Flor masculina en antesis; c. Flor femenina abierta y apta para la polinización y d. Flor masculina abierta y apta para la polinización; e. Vigor característico del cultivo de ahuyama en floración (porcentaje de plantas con flores en antesis $\geq 50\%$); f. Crecimiento del fruto (cuajado); g. Fruto completamente desarrollado y próximo a cosecha.

Capítulo IV

Recursos fitogenéticos y propagación

Zapallo es el nombre popular que, desde Argentina hasta Costa Rica, se da a los cultivares derivados de las especies *C. moschata*, *C. maxima* y *C. pepo*. En Venezuela y el norte de Colombia, estos cultivos reciben el nombre de *ahuyama*. En Brasil, los cultivares destinados al consumo de frutos inmaduros y provenientes de *C. moschata* y *C. pepo* reciben el nombre de *abobrinha*; los cultivares destinados al consumo de frutos maduros y derivados de *C. maxima* son llamados *morangas*, y los cultivares destinados al consumo de frutos maduros y derivados de *C. moschata* son llamados *abóboras*. La ahuyama pertenece a la familia Cucurbitaceae y al género *Cucurbita*, que está compuesto por 12-14 especies, distribuidas desde Norteamérica hasta Argentina. Al menos cinco de estas especies fueron domesticadas antes del descubrimiento de América (*C. moschata*, *C. maxima*, *C. pepo*, *Cucurbita ficifolia* y *Cucurbita argyrosperma*) y nueve son consideradas silvestres relacionadas con las formas domesticadas (Hidalgo & Vallejo, 2014; Ortiz et al., 2013; Vallejo & Estrada, 2004).

De acuerdo con Vallejo y Estrada (2004, 2013), el centro de origen o domesticación es la región geográfica donde se originó una especie, es decir, el sitio donde la planta silvestre fue domesticada por el hombre y desde donde, posteriormente, se dispersó: es un hecho histórico. El centro de diversidad, por su parte, está relacionado con la región ecogeográfica donde se presenta una gran variación o diversidad genética de la especie: es un hecho biológico. Se distinguen dos tipos de centros de diversidad: 1) centro de diversidad primario, donde, además de la especie de interés económico, social o cultural, se presentan especies silvestres relacionadas que exhiben características primitivas y alta frecuencia de caracteres dominantes, y 2) centro de diversidad secundario, donde se presentan pocas especies silvestres relacionadas, los niveles de variación genética son bajos y ocurre alta frecuencia de caracteres recesivos (figura 10).

Los recursos fitogenéticos representan toda la diversidad genética vegetal resultante del proceso evolutivo. Esta diversidad es conservada mediante

colecciones de germoplasma, las cuales deben proveer a los fitomejoradores de variantes genéticas para el desarrollo de nuevos cultivares que respondan a las necesidades de los productores y el mercado (tabla 5). Así mismo, el uso de este germoplasma se da en función del grado de afinidad reproductiva entre las especies relacionadas, es decir, de su “acervo genético” (tabla 6).

Tabla 5. Colecciones de germoplasma de Cucurbita spp. en América Latina.

País	Institución
Colombia	Universidad de Córdoba
	Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira
	Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA)
Argentina	Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)
Bolivia	Centro de Investigación Fitoecogénitas de Pairumani
	Fundación Amigos de la Naturaleza
Brasil	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa)
	Universidade Federal de Viçosa (UFV)
	Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF)
Chile	Universidad Austral de Chile
Costa Rica	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)
	Universidad de Costa Rica
Cuba	Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura (Inifat)
Guatemala	Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala (Fausac)
	Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA)
Guyana	National Agricultural Research and Extension Institute (NAREI)
México	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)
	Universidad Autónoma de Chapingo
Nicaragua	Programa de Recursos Genéticos Nicaragüenses (Regen)
Panamá	Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP)
Perú	Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA)
	Programa Nacional de Investigación en Recursos Genéticos y Biotecnología (Pronargeb)

Fuente: Valdés (2014).

Tabla 6. Acervos genéticos de las especies cultivadas de Cucurbita spp.

Especies cultivadas	AG₁	AG₂	AG₃
<i>C. argyrosperma</i>	sp. <i>argyrosperma</i> sp. <i>sororia</i>	<i>C. moschata</i>	<i>C. pepo</i> <i>C. maxima</i> <i>C. foetidissima</i>
<i>C. ficifolia</i>	<i>C. ficifolia</i>	<i>C. pedatifolia</i> <i>C. foetidissima</i>	<i>C. lundelliana</i> <i>C. maxima</i> <i>C. pepo</i>
<i>C. maxima</i>	sp. <i>maxima</i> sp. <i>andreana</i>	<i>C. ecuadorensis</i>	<i>C. lundelliana</i> <i>C. argyrosperma</i> <i>C. ficifolia</i> <i>C. pepo</i>
<i>C. moschata</i>	<i>C. moschata</i>	<i>C. argyrosperma</i>	<i>C. lundelliana</i> <i>C. maxima</i> <i>C. pepo</i>
<i>C. pepo</i>	sp. <i>pepo</i> sp. <i>fraterna</i> sp. <i>texana</i>	<i>C. argyrosperma</i> <i>C. okeechobensis</i> <i>C. moschata</i> <i>C. ecuadorensis</i>	<i>C. lundelliana</i> <i>C. maxima</i> <i>C. ficifolia</i>

AG₁, AG₂ y AG₃: Acervos genéticos primario, secundario y terciario, respectivamente.

Fuente: Valdés (2014).

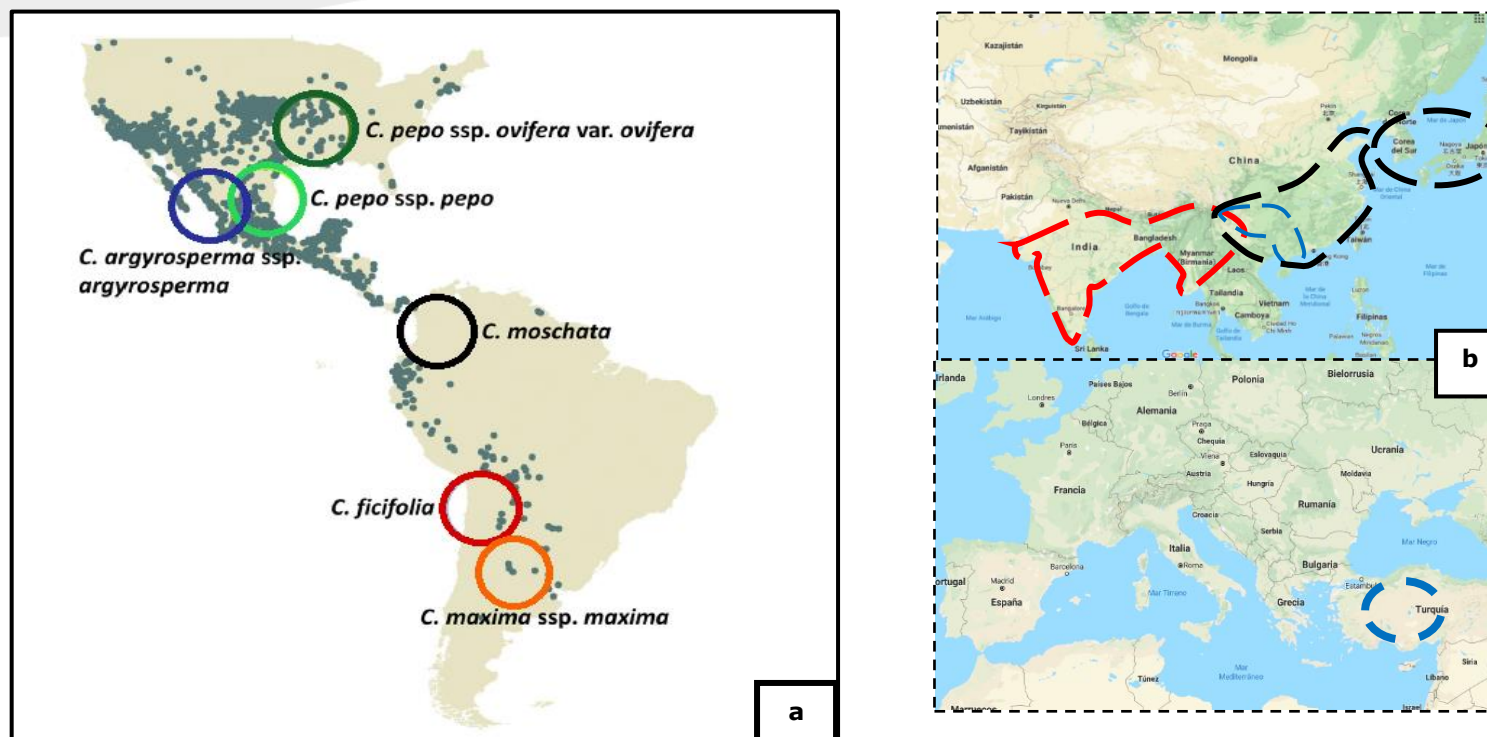


Figura 10. Centro de origen del genero *Cucurbita* a. Mapa de distribución de orígenes hipotetizados de la domesticación de especies silvestres de *Cucurbita* spp. basado en ~ 700 registros de Global Biodiversity Information Facility (GBIF) (www.gbif.org). b. Centros secundarios de diversidad de *Cucurbita* spp.

Notas: a. Los círculos de colores representan los centros de origen de las especies cultivadas del género *Cucurbita*; b. *Cucurbita maxima*: líneas rojas; *Cucurbita pepo*: líneas azules, y *Cucurbita moschata*: líneas negras.

Fuentes: a. Kates *et al.* (2017); b. Esquinas-Alcazar y Gulick (1983).

Variedades

En Colombia, el registro nacional de cultivares reporta seis cultivares mejorados de ahuyama, de los cuales cinco se encuentran disponibles en el mercado y ofertados por la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira. Sin embargo, dichas variedades están liberadas para su siembra en Valle del Cauca. Para la región Caribe de Colombia, actualmente no existe oferta de variedades mejoradas, y es por ello, que los cultivos en esta región del país corresponden a variedades nativas de buena adaptación a las condiciones locales, pero que expresan una alta variación de frutos, lo que incide en la desuniformidad de la producción y la calidad. A continuación, se relacionan las características agronómicas de las variedades mejoradas disponibles (tablas 7-10):

Tabla 7. Características agronómicas de las variedades UNAPAL Bolo Verde y UNAPAL Mandarino

Concepto	UNAPAL Bolo Verde	UNAPAL Mandarino
Resolución ICA	N.º 2542 de 2004	N.º 2540 de 2004
Nombre botánico	<i>Cucurbita moschata</i>	<i>Cucurbita maxima</i>
Adaptación (subregión natural)	Valle geográfico del río Cauca (800-1200 m s. n. m.)	
Ciclo de vida (días)	120 a inicio de cosecha	70-90 a inicio de cosecha
Características agronómicas		
Días a floración	Masculina, 55 y femenina 65	Masculina, 45, y femenina, 55
Tipo de crecimiento	Postrado	Postrado
Forma de crecimiento	Plana compacta con alto número de guías	Plana compacta con pocas guías secundarias
Densidad de siembra (plantas/ha)	4.450-6.000	6.600-8000
Frutos/planta	3-4	1-2
Características del fruto		
Forma	Redondo	Redondo o aplanado, lisos y acostillados
Color externo del fruto (pericarpio)	Verde	Amarillo a naranja
Color de la pulpa	Amarillo intenso	Amarillo intenso
Peso (en kilogramos, kg)	2,5-4	1,5-2,5

Fuente: Estrada et al. (2004)

Tabla 8. Características agronómicas de la variedad UNAPAL-Abanico 75

Concepto	Descripción
Resolución ICA	N.º 3850 de 2009
Nombre botánico	<i>Cucurbita moschata</i>
Adaptación (subregión natural)	Valle geográfico del río Cauca (800-1700 m.s. n. m.)
Rendimiento experimental (t/ha)	75 ± 4
Rendimiento comercial (t/ha)	40 ± 4
Ciclo de vida (días)	150-160 a inicio de cosecha
Características agronómicas	
Días a floración	Masculina, 45, y femenina, 60
Tipo de crecimiento	Postrado
Forma de crecimiento	Plana compacta con pocas guías secundarias
Densidad de siembra (plantas/ha)	2.500-3.000
Frutos/planta	4-5 (algunas veces hasta 8)
Características del fruto	
Forma	Variable, predominantemente globular y acostillado
Color del pericarpio ²	Verde
Color de la pulpa	Amarillo (n.º 10 en la escala de Roche)
Peso (kg)	5-6
Características de la semilla	
Forma	Piriforme plana
Color	Café
Semillas/fruto	150-500 (muy variable)
Peso de 100 semillas (en gramos, g)	15 ± 2
Reacción a enfermedades e insectos	
Cenicilla de la hoja (<i>Oidium</i> sp.)	Tolerante bajo CNC ¹
Añublo foliar (<i>Alternaria</i> sp.)	Tolerante bajo CNC
<i>Cladosporium</i> sp.	Tolerante bajo CNC
Complejo viral CMV, SqMV	Tolerante bajo CNC
Pasador del fruto y los tallos (<i>Diaphania</i> sp.)	Tolerante bajo CNC
Características del fruto	
Forma	Variable, predominantemente globular y acostillado
Color del pericarpio ²	Verde
Color de la pulpa	Amarillo (n.º 10 en la escala de Roche)
Peso (kg)	5-6

¹ CNC: condiciones normales de campo; ² color externo del fruto

Fuente: Ortiz et al. (2013).

Tabla 9. Características agronómicas de la variedad UNAPAL-Llanogrande

Concepto	Descripción
Resolución ICA	N.º 3851 de 2009
Nombre botánico	<i>Cucurbita moschata</i>
Adaptación (subregión natural)	Valle geográfico del río Cauca (800-1700 m s. n. m.)
Rendimiento experimental (t/ha)	35 ± 7
Rendimiento comercial (t/ha)	25 ± 5 (15 ± 5 kg/planta)
Ciclo de vida (días)	130-140 a inicio de cosecha
Características agronómicas	
Días a floración	Masculina, 45, y femenina, 60
Tipo de crecimiento	Postrado
Forma de crecimiento	Plana compacta con pocas guías secundarias
Densidad de siembra (plantas/ha)	2.200-3.000
Frutos/planta	7-9
Características de la semilla	
Forma	Piriforme plana
Color	Amarillo
Semillas/fruto	120-500 (muy variable)
Peso de 100 semillas (g)	10,9 ± 4
Características del fruto	
Forma	Redondo con superficie lisa y sin costilla
Color del pericarpio ²	Verde con manchas amarillas
Color de la pulpa	De amarillo intenso (n.º 11 según la escala de Roche) a naranja intermedio (n.º 13)
Peso (kg)	2,5 ± 0,7
Reacción a enfermedades e insectos	
Cenicilla de la hoja (<i>Oidium</i> sp.)	Tolerante bajo CNC ¹
Añublo foliar (<i>Alternaria</i> sp.)	Tolerante bajo CNC
<i>Cladosporium</i> sp.	Tolerante bajo CNC
Complejo viral CMV, SqMV	Tolerante bajo CNC
Pasador del fruto y los tallos (<i>Diaphania</i> sp.)	Tolerante bajo CNC

¹ CNC: condiciones normales de campo; ² color externo del fruto

Fuente: Ortiz et al. (2013)

Tabla 10. Características agronómicas de la variedad UNAPAL-Dorado

Concepto	Descripción
Resolución ICA	N.º 3852 de 2009
Nombre botánico	<i>Cucurbita moschata</i>
Adaptación (subregión natural)	Valle geográfico del río Cauca (800-1600 m s. n. m.)
Rendimiento experimental (t/ha)	32 ± 8
Rendimiento comercial (t/ha)	25 ± 7 (11 ± 6 kg/planta)
Ciclo de vida (días)	130-140 a inicio de cosecha
Características agronómicas	
Días a floración	Masculina, 60, y femenina, 70
Tipo de crecimiento	Postrado
Forma de crecimiento	Plana compacta con pocas guías secundarias
Densidad de siembra (plantas/ha)	2.200-3.000
Frutos/planta	5 ± 1
Características de la semilla	
Forma	Piriforme plana
Color	Crema
Semillas por fruto	200-300 (muy variable)
Peso de 100 semillas (g)	10 ± 0,7
Características del fruto	
Forma	Esférico levemente achatado
Color del pericarpio ²	Amarillo claro
Color de la pulpa	De amarillo intenso (n.º 11 según la escala de Roche) a naranja intermedio (n.º 13)
Peso (kg)	3,1 ± 0,7
Reacción a enfermedades e insectos	
Cenicilla de la hoja (<i>Oidium</i> sp.)	Tolerante bajo CNC ¹
Añublo foliar (<i>Alternaria</i> sp.)	Tolerante bajo CNC
<i>Cladosporium</i> sp.	Tolerante bajo CNC
Complejo viral CMV, SqMV NC	Tolerante bajo CNC
Pasador del fruto y los tallos (<i>Diaphania</i> sp.)	Tolerante bajo CNC

¹ CNC: condiciones normales de campo; ² color externo del fruto

Fuente: Ortiz et al. (2013)

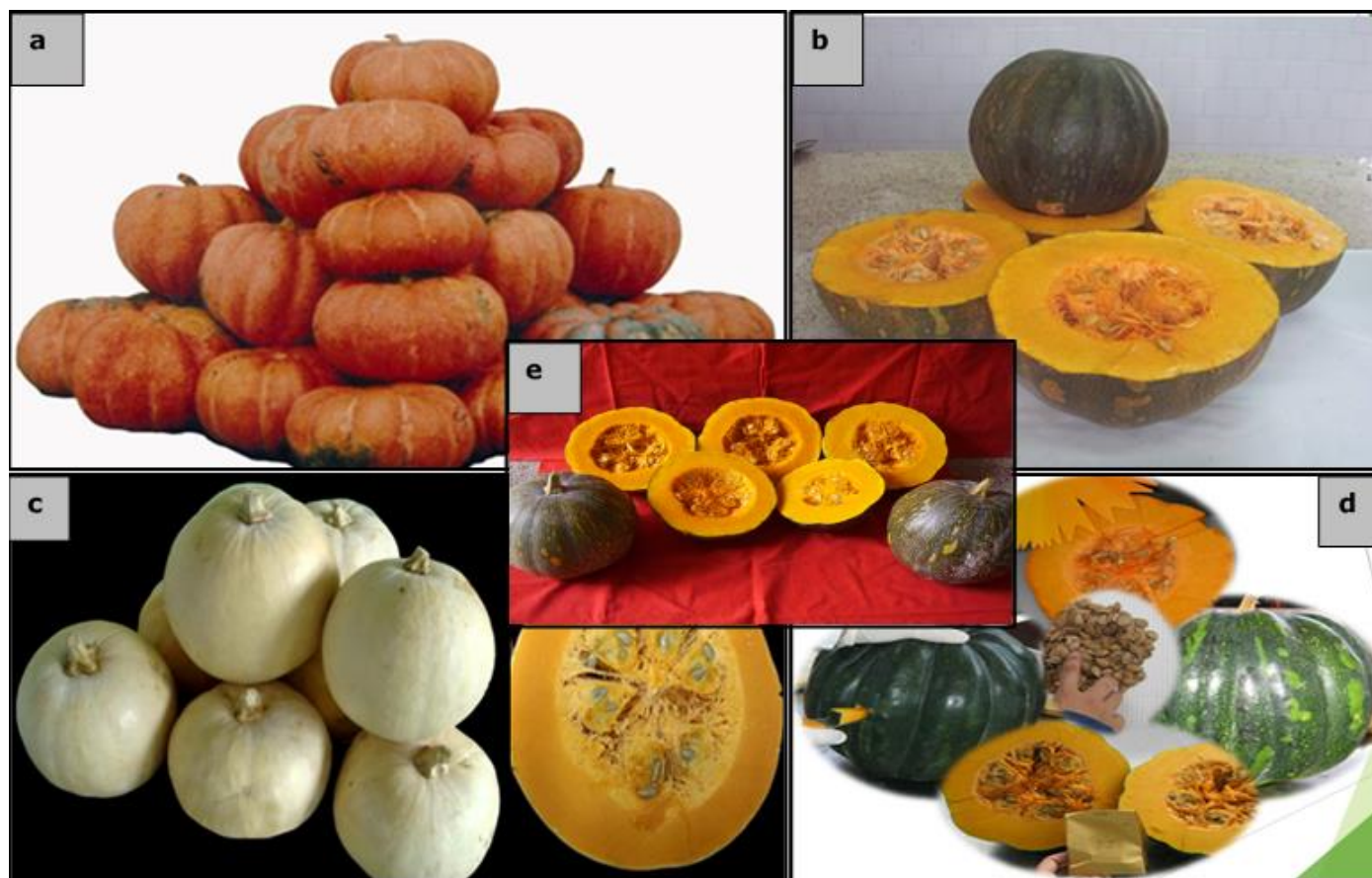


Figura 11. Cultivares mejorados de ahuyama. a. UNAPAL-Mandarino; b. UNAPAL-Bolo Verde; c. UNAPAL-Dorado; d. UNAPAL-Abanico 75; e. UNAPAL-Llano Grande.

Fuente: Programa de Fitomejoramiento de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira.

Capítulo V

Exigencias edafoclimáticas para el desarrollo del cultivo

La ahuyama presenta un amplio rango de adaptación que abarca desde el nivel del mar hasta los 1.500 m.s.n.m. En la región Caribe, su mejor desarrollo se expresa por debajo de los 600 m.s.n.m. y en localidades donde las precipitaciones no exceden los 1.300 milímetros (mm) al año. Las temperaturas medias anuales más favorables oscilan entre 20°C y 28°C con una humedad relativa entre 60% y 75%; así mismo, se adapta bien a una gran variedad de suelos, no obstante, su mejor comportamiento se ve en suelos de origen aluvial, ricos en materia orgánica, con textura franco-arenosa, con buen drenaje y un pH entre los 5,5 y 6,5. Los requerimientos hídricos se encuentran en el orden de entre 350 y 450 mm por ciclo del cultivo. A continuación, en las tablas 11-16, se relaciona la oferta ambiental de los principales municipios productores de ahuyama en el Caribe colombiano.

Tabla 11. Climatología de municipios productores de ahuyama en el Caribe colombiano: Bolívar (valores promedio del periodo 1980-2010)

Municipio Mompox	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Tmed (°C)	28,3	28,6	28,8	28,7	28,4	28,5	28,5	28,5	28,1	27,9	27,9	28	28,4
Tmin (°C)	22,7	23	23,5	23,8	23,8	23,6	23,4	23,4	23,3	23,3	23,3	23	23,3
Tmax (°C)	33,6	34,1	34,2	33,8	33,2	33,3	33,6	33,6	33	32,5	32,4	32,8	33,3
HR (%)	77,7	76,8	76,8	78,6	80,5	80,3	79,5	79,8	80,8	81,8	81,9	80,2	79,6
PPT (mm)	18,9	24,4	54,6	144,9	255,6	276,1	295,4	300,3	328,9	327,9	228,9	101,5	2.357,4
ETo (mm)	113,8	106,5	119,2	111	110	109,8	120,5	118,7	109,6	105,1	98,9	103,5	1.326,5
BHA (mm)	-94,9	-82,1	-64,6	33,9	145,6	166,3	175	181,6	219,2	222,8	130	-2	1.030,9
Srad*	600,4	550,6	604,1	554,6	548,7	549	603,3	592,8	549,6	533,7	510,7	545,1	561,9
VV (m/s)	0,3	0,3	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2
Carmen de Bolívar	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Tmed (°C)	26,5	26,9	27,2	27,2	27	27	27	26,8	26,4	26,1	26,2	26,3	26,7
Tmin (°C)	20,2	20,6	21,3	22,2	22,4	22,1	22	21,9	21,8	21,7	21,5	20,9	21,6
Tmax (°C)	33	33,6	33,7	33,1	32,1	32,2	32,6	32,4	31,7	31,1	31,3	32,1	32,4
HR (%)	75,4	73,9	74,3	76,4	79,2	79,1	78,2	78,8	81	81,9	81,5	78,5	78,2
PPT (mm)	25,1	32,5	55,1	134,8	196,6	175,8	163,1	192,2	200,6	221,6	161,9	77	1.636,3
ETo (mm)	114,9	108,6	122,6	114,7	110,1	109,6	118,1	115,5	105,6	100	95,2	103,4	1.318,3
BHA (mm)	-89,9	-76,1	-67,5	20,1	86,5	66,3	44,9	76,7	95	121,7	66,7	-26,4	318,1
Srad*	638,5	593,2	654,6	597,8	565,7	563,7	609,9	594,9	546,4	526,9	511	570,7	581,1
VV (m/s)	0,5	0,6	0,6	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,3

Continúa

Continuación tabla 11

Atillo de Loba	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Tmed (°C)	28,1	28,4	28,7	28,7	28,4	28,4	28,5	28,3	28	27,6	27,7	27,8	28,2
Tmin (°C)	22,5	22,9	23,4	23,8	23,9	23,7	23,5	23,5	23,4	23,3	23,3	22,9	23,3
Tmax (°C)	33,9	34,3	34,5	34	33,3	33,4	33,8	33,7	33	32,5	32,5	33	33,5
HR (%)	77	75,8	76	78,3	81,1	80,9	79,8	80,3	81,7	83	82,7	80,2	79,7
PPT (mm)	25,6	28,9	56	124,9	181	149,5	139	170,5	188,5	213,5	150,1	67,4	1.495
ETo (mm)	115,2	108,8	122,1	114,2	110	109,5	119,3	117,1	106,6	102	96,9	104,3	1.326,1
BHA (mm)	-89,6	-79,9	-66	10,7	71	40	19,7	53,4	81,9	111,5	53,2	-37	169
Srad*	621,7	575,6	630,7	576,7	552,4	551,9	603,2	589,8	539,3	522,9	505,9	559,5	569,1
VV (m/s)	0,5	0,5	0,5	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,3

Tmed: temperatura media; Tmin: temperatura mínima; Tmax: temperatura máxima; HR: humedad relativa; PPT: precipitación; ETo: evapotranspiración potencial; BHA: balance hídrico atmosférico; *Srad: radiación solar en Mj/m²/mes; VV: velocidad del viento.

Nota: Los valores en negrilla corresponden a meses del periodo lluvioso del año (se consideraron como meses lluviosos aquellos que presentaron ≥ 6 % de la precipitación acumulada anual).

Fuente: AGROSAVIA (2017a) y datos del Ideam.

Tabla 12. Climatología de municipios productores de ahuyama en el Caribe colombiano: Atlántico (valores promedio del periodo 1980-2010)

Campo de la Cruz	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Tmed (°C)	27,7	28	28,2	28,4	28,2	28,2	28,2	28,1	27,8	27,5	27,5	27,6	28,0
Tmin (°C)	22,5	23	23,6	24,3	24,4	24,3	24	24	23,9	23,7	23,6	23	23,7
Tmax (°C)	34,4	34,8	35,1	34,8	34	33,9	34,1	34,1	33,4	32,9	32,9	33,5	34,0
HR (%)	78,7	77,5	77,2	78,8	81,4	81,3	80,7	81,1	82,4	83,4	83,1	80,9	80,6
PPT (mm)	7,7	9,8	27,4	90,9	154,3	129,7	121,2	149,9	162,1	175,9	111,4	38,4	1.178,7
ETo (mm)	109,7	103,3	118,4	112,2	111,7	110,9	117,9	117,3	106,9	100,7	94	100,2	1.303,2
BHA (mm)	-102	-93,6	-91	-21,2	42,5	18,8	3,4	32,5	55,2	75,2	17,5	-61,9	-124,6
Srad*	642,7	599,7	674,8	614,9	586,1	578	621,2	613,5	556,5	533,5	516,3	576,7	592,8
VV (m/s)	1,5	1,7	1,7	1,4	0,7	0,6	0,8	0,7	0,5	0,6	0,8	1,2	1,0
Repelón	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Tmed (°C)	27,6	27,8	28,2	28,5	28,2	28,3	28,3	28,1	27,7	27,3	27,4	27,6	27,9
Tmin (°C)	22,5	22,9	23,2	24,1	24,3	24,1	23,9	24	23,8	23,7	23,6	23,1	23,6
Tmax (°C)	34,7	35,2	35,5	35,1	34	34	34,3	34	33,3	32,6	32,7	33,7	34,1
HR (%)	72,1	70,5	70,3	73	78,2	78,2	76,9	78,5	80,3	82,1	80,9	76,1	76,4
PPT (mm)	5,8	5,6	17,6	56,5	128	106,1	88,5	115,9	119,9	171,5	102,8	28,2	946,4
ETo (mm)	108,2	102,6	118,1	113,8	114,8	113,1	119,4	119,6	108,3	101,5	93,9	99,1	1.312,3
BHA (mm)	-102,3	-97,1	-100,5	-57,4	13,2	-7	-30,9	-3,7	11,6	70	8,9	-70,8	-365,9
Srad*	662,5	624,6	700,4	643,9	611,7	596	639,3	634,6	570,8	545,3	526,7	590	612,2
VV (m/s)	1,9	2,1	2,1	1,7	0,9	0,7	0,9	0,8	0,6	0,7	1	1,5	1,3

Tmed: temperatura media; Tmin: temperatura mínima; Tmax: temperatura máxima; HR: humedad relativa; PPT: precipitación; ETo: evapotranspiración potencial; BHA: balance hídrico atmosférico; *Srad: radiación solar en Mj/m²/mes; VV: velocidad del viento.

Nota: Los valores en negrilla corresponden a meses del periodo lluvioso del año (se consideraron como meses lluviosos aquellos que presentaron $\geq 6\%$ de la precipitación acumulada anual).

Fuente: AGROSAVIA (2017a) y datos del Ideam

Tabla 13. Climatología de municipios productores de ahuyama en el Caribe colombiano: Cesar (valores promedio del periodo 1980-2010)

Copey	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Tmed (°C)	29	29,6	29,7	29,4	28,7	28,8	29	28,9	28,2	27,8	27,8	28,3	28,8
Tmin (°C)	22,4	23,2	23,7	24	23,9	23,8	23,6	23,6	23,3	23,2	23,1	22,4	23,3
Tmax (°C)	35,2	35,8	35,9	35,3	34,2	34,3	34,9	34,8	33,8	33,1	33,2	34,2	34,5
HR (%)	67,1	65,6	65,9	70,6	75,6	75,1	73,2	74,7	78	79,8	78,5	72,7	73,1
PPT (mm)	10,7	22,2	58,2	134,6	191,7	148,9	134,8	172,5	191,4	215,4	147,1	46,8	1.474,3
ETo (mm)	111,3	105,5	121,9	113,9	113,5	111,9	119,9	117,7	110,6	104,5	98,2	102,7	1.331,4
BHA (mm)	-100,6	-83,3	-63,8	20,7	78,3	37	15	54,9	80,8	111	48,9	-55,9	142,9
Srad*	621,1	573,6	646,9	588,6	580	577,4	621,8	603,7	566	542,1	523,8	569,4	584,5
VV (m/s)	0,7	0,7	0,7	0,5	0,4	0,5	0,5	0,4	0,3	0,3	0,4	0,6	0,5
Curumaní	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Tmed (°C)	28,1	28,7	29,1	29	28,3	28,4	28,8	28,7	27,9	27,4	27,5	27,6	28,3
Tmin (°C)	21,8	22,3	22,9	23,5	23,5	23,4	23,3	23,3	22,9	22,8	22,6	22,1	22,9
Tmax (°C)	34,4	35,1	35,4	34,8	33,6	33,7	34,5	34,4	33,4	32,6	32,6	33,2	34
HR (%)	66,7	65,4	65,1	68,7	73,6	73,3	70,7	71,8	75	76,7	75,9	71,7	71,2
PPT (mm)	7,6	14,3	35,7	113,9	180,2	125,3	104,6	145,7	173,7	218,5	134,7	43,7	1.297,7
ETo (mm)	108,3	103,5	119,3	110,9	111,7	111,6	119,6	116,5	109	103,3	96,5	99,9	1.310,2
BHA (mm)	-100,7	-89,3	-83,7	2,9	68,5	13,7	-15	29,2	64,7	115,2	38,1	-56,2	-12,4
Srad*	615,2	571	642,6	583,1	579,2	582,5	626,3	605,3	566,5	545,5	525,4	564,4	583,9
VV (m/s)	0,6	0,7	0,7	0,6	0,4	0,5	0,5	0,4	0,3	0,3	0,4	0,6	0,5

Tmed: temperatura media; Tmin: temperatura mínima; Tmax: temperatura máxima; HR: humedad relativa; PPT: precipitación; ETo: evapotranspiración potencial; BHA: balance hídrico atmosférico; *Srad: radiación solar en Mj/m²/mes; VV: velocidad del viento.

Nota: Los valores en negrilla corresponden a meses del periodo lluvioso del año (se consideraron como meses lluviosos aquellos que presentaron ≥ 6 % de la precipitación acumulada anual). Fuente: AGROSAVIA (2017a) y datos del Ideam.

Tabla 14. Climatología de municipios productores de ahuyama en el Caribe colombiano: Magdalena (valores promedio del periodo 1980-2010)

Zona Bananera	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Tmed (°C)	27,1	27,8	28,3	28,4	28	27,7	27,7	27,5	27,2	26,9	27	27	27,5
Tmin (°C)	20,3	20,9	21,7	22,6	22,8	22,6	22,3	22,1	21,9	21,8	21,7	20,9	21,8
Tmax (°C)	33,3	33,8	34,1	34,2	33,5	33,3	33,4	33,3	33	32,7	32,6	32,9	33,3
HR (%)	79,7	78	77,6	78,8	81,9	82,8	82,5	82,7	83,7	84,6	84,2	82,3	81,6
PPT (mm)	2,6	3,1	12,2	76,2	178	161,2	135,3	180,4	217,1	268,8	139,9	34,6	1.409,3
ETo (mm)	102,9	98,7	115,8	110,7	111	108,3	115,3	114,9	106,9	100,3	91,5	94,9	1.271,1
BHA (mm)	-100,3	-95,6	-103,7	-34,5	67	52,9	20	65,6	110,1	168,4	48,4	-60,3	138,2
Srad*	644	603,7	685,4	628,3	603,2	595,5	646,1	632,7	579,5	553,7	530,7	582,7	607,1
VV (m/s)	2,5	2,6	2,5	2	1,3	1,4	1,6	1,3	1	1	1,5	2,1	1,7
Fundación	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Tmed (°C)	27,4	27,9	28,3	28,4	28,1	28,1	28,1	28	27,6	27,3	27,3	27,3	27,8
Tmin (°C)	21,2	21,8	22,5	23,2	23,4	23,2	23	22,9	22,7	22,6	22,4	21,8	22,6
Tmax (°C)	33,5	33,9	34,2	34,1	33,6	33,5	33,7	33,6	33,2	32,7	32,6	32,9	33,5
HR (%)	78,4	77,2	77	78,8	81,3	81,3	80,5	81	82,3	83,5	83,2	81	80,5
PPT (mm)	7,1	10	34,9	110,5	195,7	143,5	127,7	167,2	218,4	252,1	140,5	46	1.453,7
ETo (mm)	108,2	102	118,4	111,4	110,8	108,8	116,2	114,8	106,4	100,5	93,8	99,1	1.290,3
BHA (mm)	-101	-92	-83,4	-0,9	84,9	34,7	11,6	52,4	112	151,7	46,7	-53,1	163,4
Srad*	632	585,3	660,9	600,1	579,3	572,8	618,2	603,7	555,7	533,1	515,5	570,7	585,6
VV (m/s)	1,5	1,6	1,5	1,2	0,8	0,8	1	0,8	0,6	0,6	0,8	1,2	1

Tmed: temperatura media; Tmin: temperatura mínima; Tmax: temperatura máxima; HR: humedad relativa; PPT: precipitación; ETo: evapotranspiración potencial; BHA: balance hídrico atmosférico; *Srad: radiación solar en Mj/m²/mes; VV: velocidad del viento.

Nota: Los valores en negrilla corresponden a meses del periodo lluvioso del año (se consideraron como meses lluviosos aquellos que presentaron ≥ 6 % de la precipitación acumulada anual). Fuente: AGROSAVIA (2017a) y datos del Ideam.

Tabla 15. Climatología de municipios productores de ahuyama en el Caribe colombiano: Córdoba (valores promedio del periodo 1980-2010)

Montería	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Tmed (°C)	27,8	27,9	28,3	28,5	28,1	28,1	28	27,8	27,5	27,4	27,3	27,5	27,9
Tmin (°C)	22,6	22,9	23,4	23,9	23,9	23,6	23,4	23,3	23,2	23,3	23,3	23	23,3
Tmax (°C)	33,3	33,8	34	33,6	32,5	32,4	32,6	32,6	32	31,8	32	32,5	32,8
HR (%)	78,6	77,8	76,5	78,5	82,7	82,9	82,4	82,8	83,5	83,8	83,9	82	81,3
PPT (mm)	12,5	17,4	31,7	100,5	196	153,6	180,2	177,5	206,4	160,3	105,5	44	1.385,6
ETo (mm)	107,6	99,9	112,3	105,8	105,4	104,7	114,7	112	103,7	101,7	94,2	98,5	1.260,5
BHA (mm)	-95,1	-82,5	-80,6	-5,3	90,7	48,9	65,5	65,4	102,7	58,6	11,3	-54,6	125
Srad*	580,9	534,3	592,5	543,2	532,4	527,2	578,5	566,9	528,5	525,6	495,2	528	544,4
VV (m/s)	0,5	0,6	0,6	0,5	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4
Buenavista	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Tmed (°C)	26,2	26,4	26,6	26,7	26,6	26,6	26,6	26,6	26,3	26,1	26	26,1	26,4
Tmin (°C)	22,1	22,3	22,5	22,8	22,7	22,5	22,3	22,3	22,2	22,2	22,2	22,2	22,4
Tmax (°C)	31	31,2	31,4	31,3	31,2	31,3	31,5	31,5	31	30,6	30,5	30,6	31,1
HR (%)	82,1	81,2	81,3	82,9	84,4	84,1	83,3	83,3	83,8	84,6	85	84,1	83,3
PPT (mm)	55,8	58,2	81,6	183,2	293,1	273,5	259,9	263,6	249,5	227,9	168,4	125,5	2.240,2
ETo (mm)	103,1	96,6	110,5	100,4	98,4	95,5	104,6	103	98,1	98	89,9	91,9	1.190
BHA (mm)	-47,3	-38,4	-28,9	82,8	194,7	178	155,2	160,5	151,4	129,8	78,5	33,7	1.050,1
Srad*	556,2	514,6	580,3	517,3	503,1	488,4	535,7	526,8	504,3	511,2	475,4	493,1	517,2
VV (m/s)	0,3	0,4	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

Tmed: temperatura media; Tmin: temperatura mínima; Tmax: temperatura máxima; HR: humedad relativa; PPT: precipitación; ETo: evapotranspiración potencial; BHA: balance hídrico atmosférico; *Srad: radiación solar en Mj/m²/mes; VV: velocidad del viento.

Nota: Los valores en negrilla corresponden a meses del periodo lluvioso del año (se consideraron como meses lluviosos aquellos que presentaron ≥ 6 % de la precipitación acumulada anual). Fuente: AGROSAVIA (2017a) y datos del Ideam.

Tabla 16. Climatología de municipios productores de ahuyama en el Caribe colombiano: Sucre (valores promedio del periodo 1980-2010)

Sincelejo	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Tmed (°C)	27	27,3	27,5	27,6	27,2	27,3	27,3	27,1	26,7	26,5	26,6	26,8	27,1
Tmin (°C)	22,2	22,5	23	23,3	23,2	23	22,8	22,7	22,7	22,7	22,8	22,5	22,8
Tmax (°C)	33	33,4	33,5	33	31,9	31,8	32,1	32	31,4	31,1	31,3	31,9	32,2
HR (%)	78,5	77,2	77,4	79,6	82,8	82,9	81,8	82,5	83,7	84,6	84,1	81,5	81,4
PPT (mm)	22,8	27	41,1	118	186,2	164,9	163,4	185,5	196,1	183,8	128,1	57,9	1.474,7
ETo (mm)	112,5	105,6	118,6	111,1	107,6	107,5	116,5	113,7	104,7	100,8	95,1	101,7	1.295,3
BHA (mm)	-89,7	-78,5	-77,5	6,9	78,7	57,4	46,9	71,7	91,4	82,9	33	-43,8	179,5
Srad*	615,8	569,4	628,1	574,2	549,6	548,3	595,9	580,2	537,9	525,8	504,4	552,6	565,2
VV (m/s)	0,5	0,5	0,6	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,3
Buenavista	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Tmed (°C)	27,6	27,9	28,2	28,2	27,8	27,9	27,9	27,8	27,4	27,1	27,2	27,3	27,7
Tmin (°C)	22,2	22,6	23,1	23,5	23,5	23,3	23,1	23	22,9	22,9	22,9	22,6	23
Tmax (°C)	33,2	33,6	33,8	33,4	32,6	32,7	33	32,9	32,3	31,8	31,9	32,4	32,8
HR (%)	77,5	76,2	76,3	78,4	81,6	81,7	80,6	81,1	82,5	83,6	83,3	80,8	80,3
PPT (mm)	20,9	25,6	44,7	113,4	178,3	168,6	166,6	195,1	193,4	196,9	133,1	59,8	1.496,4
ETo (mm)	115,2	108,6	122	114	109,5	109,3	118,8	116	106,2	101,9	96,6	103,8	1.321,9
BHA (mm)	-94,3	-83	-77,3	-0,5	68,8	59,3	47,8	79,1	87,2	95	36,5	-44	174,5
Srad*	610,6	563,4	618	565,4	546,9	546,6	599,1	585,4	539,6	526,1	505,8	551,2	563,2
VV (m/s)	0,4	0,4	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3

Tmed: temperatura media; Tmin: temperatura mínima; Tmax: temperatura máxima; HR: humedad relativa; PPT: precipitación; ETo: evapotranspiración potencial; BHA: balance hídrico atmosférico; *Srad: radiación solar en Mj/m²/mes; VV: velocidad del viento.

Nota: Los valores en negrilla corresponden a meses del periodo lluvioso del año (se consideraron como meses lluviosos aquellos que presentaron ≥ 6 % de la precipitación acumulada anual). Fuente: AGROSAVIA (2017a) y datos del Ideam.

Capítulo VI

Manejo del recurso suelo

La nutrición mineral es el proceso fisiológico de adsorción, transporte y utilización de asimilados por los cultivos. Los elementos involucrados en este proceso son los nutrientes, los cuales son exclusivamente de naturaleza inorgánica o mineral (Castro, H., Espinosa, J., & Gomez, M. 2005.). Los nutrientes minerales esenciales son aquellos que las plantas requieren para completar un ciclo de vida completo y que se encuentran involucrados en funciones metabólicas o estructurales en las cuales no pueden ser sustituidos. Los minerales pueden clasificarse de acuerdo con la cantidad en que son demandados por las plantas, así: elementos mayores o macronutrientes (C, H, O, N, P y K), nutrientes secundarios (Ca, Mg y S) y menores o micronutrientes (Mn, Fe, Zn, Cu, B, Mo, Ni, Cl). Todos son esenciales debido a que el desarrollo y crecimiento de las plantas se vería afectado por la falta o deficiencia de alguno de ellos y porque cada uno cumple distintas funciones. Todos los nutrientes son tomados por las plantas del suelo, excepto el Carbono, el cual es tomado por las hojas a través de los estomas en forma de dióxido de carbono. Es por ello que la nutrición vegetal depende entre otras cosas de la fertilidad del suelo, que hace referencia a la capacidad de este de aportar agua y nutrientes esenciales a las plantas para su adecuado crecimiento y desarrollo, logrando potenciar la productividad y calidad. Debido a lo anterior, el diagnóstico de la nutrición vegetal se basa principalmente en los análisis químicos del suelo y de los tejidos vegetales, los cuales son indicadores de las concentraciones de los nutrientes en el suelo y las plantas y de la biodisponibilidad de estos.

En la agricultura actual, muchos sistemas productivos no han logrado alcanzar los rendimientos y la calidad esperada, debido al desconocimiento de los requerimientos nutricionales de las distintas especies, lo cual conlleva a sobreestimar o subestimar en muchos casos las necesidades. Es por ello que las investigaciones deben conducir a determinar los requerimientos nutricionales de las plantas de acuerdo con las condiciones edafoclimáticas en las cuales son producidas. Dentro de este grupo de plantas encontramos el cultivo de ahuyama, que es un sistema productivo que en Colombia y particularmente en la región

Caribe no cuenta con esta información, lo cual ha generado que los productores de la región formulen sus planes de fertilización sin tener en cuenta niveles críticos o indicadores. Con base en lo anterior, el presente capítulo aborda temas referentes a la fertilidad del suelo, la nutrición mineral y las prácticas utilizadas para realizar un adecuado diagnóstico. Además, se presenta un aplicativo en Excel como guía para que los productores de ahuyama de la región Caribe pueden elaborar un programa de fertilización con base en los requerimientos propuestos.

Fertilidad de los suelos

La fertilidad del suelo es el resultado de la interacción entre sus propiedades físicas, químicas y biológicas y consiste en la capacidad del suelo para aportar agua y nutrientes esenciales a las plantas para completar su ciclo de vida. Los nutrientes son exclusivamente de naturaleza orgánica o mineral. Se estima que las plantas requieren de 17 nutrientes: Carbono (C), Hidrógeno (H), Oxígeno (O), Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Azufre (S), Hierro (Fe), Manganeseo (Mn), Cobre (Cu), Zinc (Zn), Boro (B), Cloro (Cl), Molibdeno (Mo) y Níquel (Ni) para completar su ciclo de vida y alcanzar los rendimientos esperados. En la tabla 17 se relacionan las principales funciones que cada nutriente cumple en la planta y la forma química en la que este está disponible para estas. La rusticidad de la ahuyama a incidido en la creencia de que esta requiere escasa o nula fertilización; no obstante, resultados de investigación han demostrado una respuesta agronómica positiva del cultivo a la fertilización en variables como número de frutos, que, a su vez se traduce en mayor rendimiento y productividad (Parra, 2013; Vallejo & Estrada 2004).

Herramientas de diagnóstico para el manejo de la fertilidad del suelo

La fertilidad del suelo contempla el uso y la adaptación de diversas herramientas de diagnóstico cuya interpretación constituye la base técnica para orientar de forma integral la nutrición eficiente de cultivos. El diagnóstico hace referencia a la identificación de características (atributos o limitaciones) que influyen sobre

la disponibilidad de nutrientes e interactúan con factores ambientales (clima), del suelo (físicos, químicos o biológicos), del cultivo (históricos de producción, variedades, extracción nutricional, potencial genético, sistema radicular o fenología) y de manejo antrópico (antecedentes de prácticas de encalamiento o fertilización). En la actualidad, el diagnóstico del estado nutricional de las plantas se basa principalmente en el análisis químico del suelo y de tejidos vegetales, además de la identificación de patologías presentadas por las plantas ante el déficit o exceso de nutrientes.

Identificación de síntomas por deficiencia o exceso de nutrientes en las plantas

A través de estos síntomas, se puede evaluar la disponibilidad de un nutriente en el suelo; sin embargo, es importante tener en cuenta que la ausencia de síntomas de deficiencia de un nutriente en la planta no certifica que esta esté bien nutrida. Los nutrientes tienen una movilidad en las plantas, y esto determina el sitio donde se manifiestan las deficiencias o la toxicidad. En cuanto a los nutrientes altamente móviles (N, P, K y Mg), los síntomas aparecen en las hojas más viejas, y en cuanto a los nutrientes de baja movilidad (Ca, Fe, Mn, Cu, Zn, B), los síntomas se manifiestan en las hojas jóvenes. Por su parte, el S presenta una movilidad intermedia en la planta, y en este caso, los síntomas se evidencian en las hojas del tercio medio de las plantas (Osorio, 2014). En la tabla 18 y la figura 12 se relacionan los síntomas característicos de las deficiencias nutricionales en los vegetales.

Tabla 17. Principales funciones de los nutrientes

Nutriente	Funciones Componentes de compuestos orgánicos	Forma química asimilable	Movilidad
C	Hace parte de la estructura de carbohidratos, proteínas, lípidos, ácidos nucleicos, ATP, NADP, clorofila y es regulador de crecimiento (p. ej., IAA).	CO ₂	
H	Hace parte de la estructura de carbohidratos, proteínas, lípidos y ácidos nucleicos.	H ₂ O	
O	Hace parte de la estructura de carbohidratos, proteínas, lípidos, ácidos nucleicos y es aceptor de electrones.	O ₂ y H ₂ O	
N	Hace parte de la estructura de aminoácidos, proteínas, enzimas, coenzimas, ácidos nucleicos y clorofila.	Nitrato (NO ₃ ⁻) y amonio (NH ₄ ⁺)	MS-MP
S	Hace parte de la estructura de sulfoaminoácidos (cisteína y metionina), responsables de la conformación estructural, de la estabilidad de proteínas, coenzima A y vitaminas y de aromas y sabores.	Sulfato (SO ₄ ²⁻)	MS-PMP
P	Hace parte de la estructura de ATP, NADP, lípidos de las membranas celulares, ácidos nucleicos y fosfoazucars.	Fosfato, ya sea H ₂ PO ₄ ⁻ o HPO ₄ ²⁻	IS-MP
Activadores de enzimas			
K	Activador de ~60 enzimas, esencial en síntesis de proteínas y responsable de la turgencia y la apertura de estomas.	Ion potasio (K ⁺)	PMS-MP
Ca	Activador de enzimas y esencial para la permeabilidad de la membrana; asociado con las pectinas de la pared celular.	Ion calcio (Ca ²⁺)	PMS-IP
Mg	Activador de enzimas y ATP y componente de la clorofila.	Ion magnesio (Mg ²⁺)	PMS-MP

Continúa

Continuación tabla 17

Mn	Activador de enzimas y esencial en la fotólisis del agua.	Ion manganeso (II) Mn^{2+}	MS-PMP
Zn	Cofactor de varias enzimas (deshidrogenasas, aldolasa, fosfatasas, DNA y RNA polimerasa).	Ion zinc (Zn^{2+})	PMS-PMP
Ni	Parte fundamental de la enzima ureasa.	Ion níquel (II) Ni^{2+}	PMS-PMP
Agentes redox			
Fe	Componente de citocromos, peroxidasa y ferredoxina, en los cuales es responsable de reacciones redox.	Ion hierro (II) (Fe^{2+})	MS-PMP
Cu	Componente de la citocromo oxidasa (respiración) y plastocianina (fotosíntesis), superóxido dismutasa (radicales O) y fenoloxidasa (síntesis de lignina) y responsable de reacciones redox.	Ion cobre (II) (Cu^{2+})	PMS-PMP
Mo	Componente de la nitrato reductasa (reducción del NO) y de la nitrogenasa (reducción de N en rizobios).	Anión molibdato (MoO_4^{2-})	PMS-MP
Otras funciones			
B	Crecimiento del tubo polínico y estabilidad de la estructura de la pared celular por formación de enlaces cis-diol con compuestos orgánicos.	Ácido bórico (H_3BO_3)	MS-IP
Cl	Osmosis, balance de cargas y fotólisis del agua.	Cloruro (Cl^-)	MS-MP

MP: móvil en la planta; MS: móvil en el suelo; IS: inmóvil en el suelo; IP: inmóvil en la planta; PMS: poco móvil en el suelo; PMP: poco móvil en la planta.

Fuente: Castro, Espinosa y Gómez (2006), Jungk (1996) y Glass (1989)

Tabla 18. Resumen de los síntomas de deficiencias nutricionales en vegetales

Nutriente	Síntoma de deficiencia
Tercio inferior-nutrientes de movilidad alta	
N	La deficiencia está marcada por la presencia de una clorosis generalizada en las hojas viejas, inicialmente, que luego se generaliza en toda la planta y causa un retraso en el crecimiento y porte pequeño de las plantas.
Mg	Las deficiencias de magnesio se identifican por la presencia de una clorosis intervenal en las hojas viejas, las cuales, con el tiempo, terminan cayéndose.
P	Los síntomas por deficiencia de fósforo se evidencian por la coloración purpura de las hojas viejas y por tallos delgados y cortos.
K	La deficiencia de potasio se identifica por la presencia de una clorosis en las puntas de las hojas viejas, seguida de una rápida necrosis.
Mo	La deficiencia de molibdeno es difícil de identificar en el cultivo de ahuyama. Generalmente, está asociada con la presencia de clorosis en hojas vieja, con hojas angostas y con necrosis.
Tercio medio-nutrientes de movilidad intermedia	
S	El azufre es un nutriente de movilidad intermedia en la planta. Los síntomas de su deficiencia están asociados con la presencia de una clorosis generalizada en las hojas del tercio medio, que luego se traslada a hojas jóvenes, generalmente de color verde pálido o amarillo.
Tercio superior-nutrientes no móviles en la planta	
Fe	Los síntomas están marcados por la presencia de una clorosis generalizada de color blanco en las hojas nuevas.
Mn	Las deficiencias de manganeso se caracterizan por la presencia de clorosis intervenal (generalmente hojas amarillas con venas verdes).
Cu	Los síntomas por deficiencia de cobre son difíciles de identificar; sin embargo, cuando existen deficiencias severas, se presenta una clorosis y muerte de los crecimientos terminales (bordes de las hojas jóvenes).
B	Se manifiesta con un limitado crecimiento de los brotes y con deformaciones, generalmente, en la punta de las hojas o con hojas asimétricas. También se presentan frutos deformes.

Fuente: adaptado de Osorio (2014).

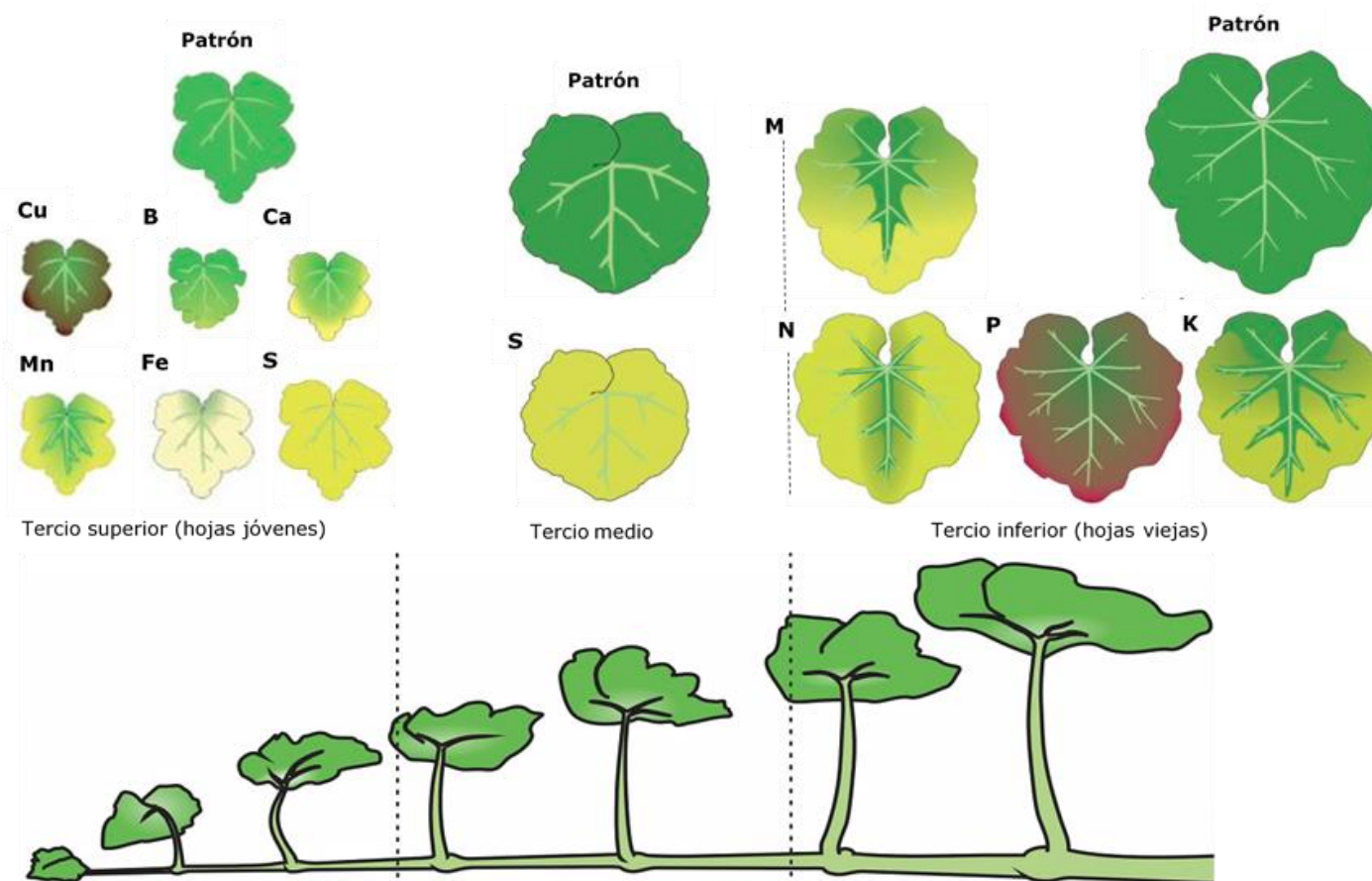


Ilustración Remberto Martínez

Figura 12. Esquema para la identificación de deficiencias nutricionales en ahuyama. Patrón: patrón de comparación (hoja sin deficiencia nutricional).

Fuente: Elaboración propia

Análisis de suelo y análisis foliares

Análisis de suelo

Estos análisis representan las herramientas de diagnóstico para conocer el estado nutricional del suelo y de la planta. Ambos análisis se complementan y permiten tomar una mejor decisión a la hora de generar un plan de nutrición. A continuación, se relaciona el procedimiento para tomar una muestra de suelo (figura 13):

1. Identificar dentro del lote las áreas comunes.
2. Antes de tomar la muestra, es necesario raspar la superficie del suelo para eliminar sucios y materia orgánica, los cuales pueden alterar los resultados del laboratorio.

Tomar una muestra de suelo representativa del lote de aproximadamente 1 kg. La muestra consiste en una mezcla de al menos 20 porciones de suelo (submuestras), tomadas al azar, en zigzag o en cuadro, dentro del lote donde se desea establecer el cultivo. Las muestras de suelo deben tomarse por lo menos 2-3 meses antes del establecimiento, y se debe procurar tomar la muestra cuando el suelo esté húmedo (capacidad de campo).

Para tomar la muestra, hay que tener a la mano los siguientes implementos: balde limpio, barreno o palín, machete limpio, bolsas plásticas y hojas de información para marcar las muestras. Una vez se cuente con todos los implementos, se procede a realizar el muestreo en el lote.

3. La muestra para el análisis de la fertilidad del suelo se debe tomar a una profundidad de 0-20 cm. A esta profundidad, más del 80 % de las raíces de las plantas de ahuyama toman los nutrientes. Para sacar esta muestra, se hace un hoyo en forma de triángulo de aproximadamente 20 cm de ancho por 30 cm de profundidad.
4. Se debe tomar la muestra de la pared del hoyo, de aproximadamente 3 cm de ancho, y extraer el cuadrante central de esa muestra retirada. Para ello, con un bisturí o cuchillo limpio, se retiran los bordes de las submuestras de suelo, para evitar contaminación de la muestra, y posteriormente se introduce en el balde limpio. Esta operación debe repetirse cada vez que se desea tomar una submuestra (aproximadamente 20 por hectárea).

5. Al finalizar la toma de las muestras de suelo, se deben mezclar todas las submuestras, hasta homogeneizar, y sacar del total dos muestras de 1 kg cada una, las cuales deben ser marcadas con la información del lote: nombre de la finca, del propietario y del lote, ubicación geográfica, pendiente, profundidad a la cual se tomó la muestra de suelo, cultivo y tipo de análisis solicitado. Luego de empacar la muestra de suelo, debe enviarse al laboratorio donde se desea analizar.

Análisis foliares

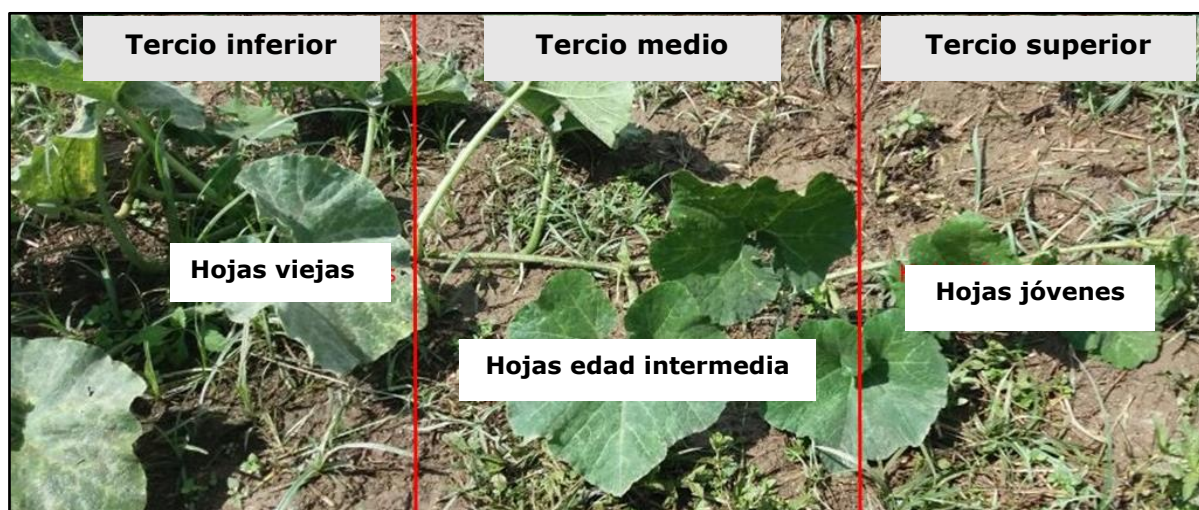
Por ser la ahuyama un cultivo de ciclo corto (cuatro meses), no es común realizar análisis foliares, salvo en ocasiones en las que se evidencien deficiencias nutricionales marcadas y no se logren identificar por sintomatología. Para estos casos, se debe seguir el siguiente protocolo:

1. El cultivo debe subdividirse en unidades de muestreo de acuerdo con las áreas comunes en cuanto a características del suelo, edad del cultivo y variedades.
2. El recorrido puede realizarse igual que para la toma de las muestras de suelo, en zigzag, en cuadro o al azar.
3. Las muestras foliares deben tomarse en el tercio medio de las plantas, verificando que estas se encuentren sanas y libres de impurezas (figura 14). Se deben tomar muestras foliares de aproximadamente 20 plantas/ha.
4. Todas las muestras foliares deben ser depositadas en una bolsa de papel y deben ser mezcladas. Al final del muestreo, se toman dos muestras representativas del lote.
5. Estas muestras deben ser marcadas con la siguiente información: nombre de la finca, del propietario y del lote, ubicación geográfica, cultivo y tipo de análisis solicitado, y posteriormente se envían al laboratorio para su análisis.



Fuente: Elaboración propia

Figura 13. Procedimiento para la toma de muestras de suelo. a. Implementos necesarios; b. Limpieza de la superficie del suelo; c. Hoyo para la toma de muestras; d. Extracción de la muestra; e. Limpieza de la muestra; f. Depósito y mezcla de las diferentes submuestras; g. Empaque de las muestras; h. Marcaje de las muestras y contramuestra para envío a laboratorio.



Fuente: Elaboración propia

Figura 14. Identificación del tercio medio en guía para la toma de muestras de análisis foliar en ahuyama.

Formulación de planes de fertilidad

Para la formulación de los planes de fertilidad de un ciclo productivo, una vez recibidos los resultados del análisis de suelo, en los que se relacionan las concentraciones de los nutrientes y las características físicas del suelo, se deben comparar con las exigencias nutricionales del cultivo (requerimientos nutricionales), con el fin de diagnosticar si el suelo es capaz de proporcionar los nutrientes en las cantidades necesarias para el óptimo desarrollo de las plantas; de no ser así, es necesario aplicarle al suelo fertilizantes o enmiendas que aumenten la concentración de los nutrientes deficitarios en este. Para el caso del cultivo de ahuyama en la región Caribe, no existen reportes de requerimientos nutricionales del cultivo, sin embargo, en la tabla 3 se relacionan unos rangos guía como herramienta para interpretar los resultados de los análisis químicos del suelo y generar un plan de fertilización. Para generar la recomendación, se puede abrir el vínculo (archivo Excel) e insertar en la columna B de la tabla 19 los resultados del análisis de suelo de la finca: automáticamente, la aplicación generará una recomendación o un plan de fertilización (columna J) que se debe seguir para lograr que las plantas se desarrollen en condiciones óptimas y para alcanzar los rendimientos esperados.

Como ejemplo, en la tabla 20 se relacionan los resultados de un análisis de suelo realizado por AGROSAVIA a un lote del Centro de Investigación Caribia (CI Caribia) para el establecimiento de un cultivo de ahuyama. Los resultados del laboratorio muestran un suelo con un pH ligeramente ácido (6,06) y contenidos bajos de materia orgánica, azufre, magnesio, potasio, manganeso y zinc. De acuerdo con esto, el programa de fertilización debe conllevar a aumentar las concentraciones de los nutrientes deficitarios en el suelo y a aplicar dosis de mantenimiento de los nutrientes que se encuentran en rangos medios o altos. Con el fin de generar el plan de fertilización de la columna B de la tabla 21, se deben insertar los valores del análisis de suelo de la tabla 20.

Una vez insertados los valores en la columna B de la tabla 21, el programa generará una recomendación en la columna J; los valores que están en negativo (-) muestran que el nutriente se encuentra en el suelo en cantidades superiores

a lo que la planta requiere; sin embargo, para estos casos, se aconseja aplicar una dosis pequeña de mantenimiento, que puede ser el 10 % de los requerimientos (columna D). Por su parte, los valores en positivo son los que requiere el suelo para alcanzar los niveles de suficiencia que la planta necesita y para que esta se pueda desarrollar adecuadamente. En el ejercicio podemos observar que cada planta de ahuyama requiere, para un ciclo de producción, 18,75 g de nitrógeno, 34,8 g de potasio, 8,3 g de magnesio, 3,62 g de boro, 23,87 g de manganeso y 3,88 g de zinc. Sumado a lo anterior, se deben aplicar dosis de mantenimiento para los nutrientes suficientes en el suelo. A partir de los resultados, se seleccionan las fuentes de fertilizantes a utilizar para aplicar los nutrientes al suelo, para lo que se sugiere buscar la asesoría de un ingeniero agrónomo que ayude a identificar las mejores fuentes de fertilizantes para llevar a cabo la recomendación generada. Como apoyo, en la columna M se calcularon los gramos de los fertilizantes urea, cloruro de potasio y fosfato diamónico (DAP) necesarios para suplir los requerimientos calculados. El resto de las necesidades pueden ser suministradas con fertilización foliar.

Tabla 19. Recomendación de plan de fertilización.

A	B	D	J	K
Nutriente	Concentración de nutrientes según análisis de suelo	Requerimientos nutricionales*	Recomendación final (kg/planta)	Forma del nutriente
pH		5,5 - 7		
Nitrógeno			0,02	
P (ppm)		15	-0,13	P ₂ O ₅
S (ppm)		6	0,00	SO ₄
Ca (ppm)		3	-0,91	CaO
Mg (cmol.kg)		1,5	0,01	MgO
K (cmol.kg)		0,3	0,03	K ₂ O
B (ppm)		0,5	0,00	B ₂ O ₃
Cu (ppm)		1	-0,03	CuO
Fe (ppm)		25	-0,65	Fe ₂ O ₅
Mn (ppm)		5	0,02	MnO
Zn (ppm)		1,5	0,00	ZnO
Na		1		

* Requerimientos propuestos para el cultivo de ahuyama para las condiciones ambientales de la región Caribe de Colombia.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20. Resultado del análisis de suelo un mes antes del establecimiento de un cultivo de ahuyama en el CI Caribia.

Determinación analítica	Unidad	Método	Valor*	Interpretación*
pH	Unidades de pH	VC_R_004 versión 2	6,06	Ligeramente ácido
Conductividad eléctrica	dS/m	NTC 5596:2008	0,23	No salino
Materia orgánica (MO)	g/100 g	Walkey & Black	1,67	Bajo
Fósforo disponible (P) Bray II	mg/kg	NTC 5350_2005	35,21	Medio
Azufre disponible (S)	mg/kg	Fosfato monobásico de calcio	6,55	Bajo
Acidez intercambiable (Al + H)	cmol ₍₊₎ /kg	KCl	0,00	
Aluminio intercambiable (Al)	cmol ₍₊₎ /kg	KCl	0,00	
Calcio intercambiable (Ca)	cmol ₍₊₎ /kg	NTC 5349:2008	6,91	Alto
Magnesio intercambiable (Mg)	cmol ₍₊₎ /kg	NTC 5349:2008	1,46	Bajo
Potasio intercambiable (K)	cmol ₍₊₎ /kg	NTC 5349:2008	0,18	Bajo
Sodio intercambiable (Na)	cmol ₍₊₎ /kg	NTC 5349:2008	0,15	Normal
Capacidad de intercambio catiónico (CICE)	cmol ₍₊₎ /kg	Suma de cationes	8,70	Bajo
Hierro disponible (Fe) Olsen	mg/kg	NTC 5536:2007	98,00	Alto
Manganeso disponible (Mn) Olsen	mg/kg	NTC 5536:2007	2,04	Bajo
Zinc disponible (Zn) Olsen	mg/kg	NTC 5536:2007	< 1,00	Bajo
Cobre disponible (Cu) Olsen	mg/kg	NTC 5536:2007	4,58	Alto
Boro disponible (B)	mg/kg	Fosfato monobásico de calcio	0,23	Medio
Saturación de bases	Saturación de calcio	79 %	Alto	
	Saturación de magnesio	17 %	Medio	

Continúa

	Saturación de potasio	2 %	Medio
	Saturación de sodio	2 %	Normal
	Saturación de aluminio	0 %	
Relaciones iónicas	Relación Ca/Mg	4,7	
	Relación (Ca+Mg)/K	45,9	
	Relación Mg/K	8,0	
	Relación Ca/B	5.889	

Observaciones: "Interpretación basada en ICA (1992). Fertilización de diversos cultivos. Manual de asistencia n.º 25.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21. Plan de fertilización

A	B	D	J	K
Nutrientes	Concentración de nutrientes según análisis de suelo	Requerimientos nutricionales	Recomendación final (g/planta)	Forma del nutriente
pH		5,5 - 7		
Nitrógeno			18,75	
P (ppm)	35,21	15	-128,56	P ₂ O ₅
S (ppm)	6,55	6	-2,95	SO ₄
Ca (ppm)	6,91	3	-912,33	CaO
Mg (cmol.kg)	1,46	1,5	8,30	MgO
K (cmol.kg)	0,18	0,3	34,80	K ₂ O
B (ppm)	0,23	0,5	3,62	B ₂ O ₃
Cu (ppm)	4,58	1	-27,97	CuO
Fe (ppm)	98	25	-652,44	Fe ₂ O ₅
Mn (ppm)	2,04	5	23,87	MnO
Zn (ppm)	1	1,5	3,88	ZnO
Na	0,15	1		
M ←	Para suplir las necesidades de los elementos mayores (N, P y K) de acuerdo con los resultados de la columna J, puede seguir las siguientes recomendaciones:	Urea	40,76 g/planta	Aplicar durante los primeros 30 días del cultivo
		Cloruro de potasio	58 g/planta	Aplicar al inicio de la floración, a partir de los 40 días
		DAP	-279,47 g/planta	Aplicar al momento de la siembra mezclado con 100 g de abono orgánico

Fuente: Elaboración propia

Métodos de aplicación de fertilizantes

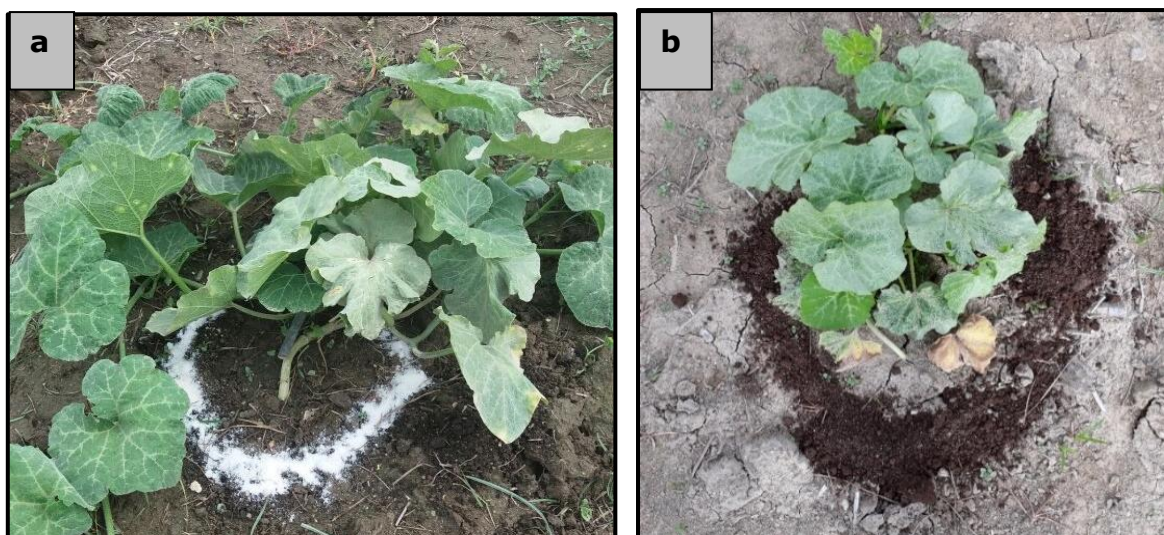
Hay que tener en cuenta que las dosis dependerán de los requerimientos nutricionales de la planta y de la disponibilidad de nutrientes en el suelo. La frecuencia de aplicación debe realizarse con base en el conocimiento de las características del suelo; por ejemplo, en suelos arenosos, se sugiere fraccionar el fertilizante por lo menos en tres aplicaciones/ciclo productivo. La cantidad aplicada de los nutrientes dependerá del estado fenológico de la planta: el nitrógeno es requerido en mayor cantidad durante el inicio de la etapa vegetativa, es decir, en los primeros 40 días, pero, por el contrario, el potasio es mayormente necesitado por la planta para la formación del fruto, pasados los 45 días (al menos el 60 % de las necesidades se debe aplicar en este estado).

Aplicación de fertilizantes sólidos: la aplicación de los fertilizantes sólidos para el cultivo de ahuyama se sugiere en corona (figura 15), y, al momento de la aplicación, se recomienda que la planta se encuentre libre de malezas, para una mayor eficiencia, y que el suelo se encuentre húmedo (capacidad de campo).

Aplicación de fertilizantes foliares: las plantas pueden fertilizarse suplementariamente a través de las hojas, mediante la aplicación de sales solubles en agua, de manera más rápida que con el método de aplicación al suelo. Los nutrimentos penetran en las hojas principalmente a través de los estomas que se encuentran en el haz o el envés. La fertilización foliar aplicada principalmente para corregir deficiencias nutricionales de manera más rápida, generalmente de elementos menores (boro, zinc, cobre, hierro, cobalto y manganeso), y, además, como complemento de la fertilización edáfica, para mejorar tanto la productividad como la calidad.

Algunas fuentes de fertilizantes y sus usos: de acuerdo con el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA, 1992), un fertilizante es cualquier material orgánico o inorgánico, natural o sintético, que suministre a las plantas elementos químicos necesarios para su normal desarrollo. Los fertilizantes inorgánicos o minerales contienen uno o más nutrientes para las plantas. En contraste con los

orgánicos, están contenidos en forma concentrada y soluble, se obtienen en procesos industriales mediante reacciones químicas y difieren en color, forma y tamaño, aunque también pueden variar en su estado físico, desde sólidos hasta gaseosos. Los fertilizantes inorgánicos pueden ser simples (o primarios) y compuestos (o complejos). Los fertilizantes simples son aquellos que contienen solo uno de los elementos mayores; por ejemplo, la urea contiene solamente nitrógeno. Por su parte, los fertilizantes compuestos contienen dos o más elementos mayores; por ejemplo, el triple 15-15-15 contiene nitrógeno, fósforo y potasio.



Fuente: Elaboración propia

Figura 15. Aplicación de fertilizante en corona. a. Fertilizante químico; b. Abono orgánico.

En la tabla 22 se relacionan algunos de los fertilizantes utilizados en Colombia como fuentes para suplir las necesidades nutricionales del cultivo de ahuyama. Los productos relacionados son una referencia de algunos productos disponibles en el mercado, pues la oferta de fertilizantes en Colombia es muy amplia, por lo cual se sugiere estar atento o revisar en el ICA el listado de productos con registro para su comercialización y utilización en Colombia. Así mismo, es recomendable tener en cuenta la compatibilidad de las fuentes de los fertilizantes antes de hacer mezclas entre estos (tabla 22).

Tabla 22. Fuentes de fertilizantes disponibles en Colombia

Fertilizante	NAp	Nutriente (%)
Elementos mayores		
Urea $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	N	46
Ácido fosfórico (H_3PO_4)	P_2O_5	52-60
Nitrato de calcio ($(\text{NO}_3)_2\text{Ca}$)	N	15,5
	Ca	21
Cloruro de potasio (KCl)	K_2O	60
	Cl	39
Nitrato de potasio (KNO_3)	K_2O	44
	N	13
Fosfato monoamónico (MAP) $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4^-$	P_2O_5	50
	N	10
Triple 15 (15-15-15)	N	15
	P_2O_5	15
	K_2O	15
Triple 18 (18-18-18)	N	18
	P_2O_5	18
	K_2O	18
Superfosfato triple $[\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}]$	P_2O_5	46
	Ca	13,6
	S	1,4
Sulfato de amonio $\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$	N	21
	S	24
Fosfato diamónico (DAP) $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4^-$	P_2O_5	46
	N	18
Sulfato de potasio (K_2SO_4)	K_2O	50
	S	18
Cafetero (17-6-18-2)	N	17
	P_2O_5	6
	K_2O	18
	MgO	2
10-30-10	N	10
	P_2O_5	30
	K_2O	10
10-20-20	N	10
	P_2O_5	20
	K_2O	20
Nitrasam	N	28

Continuación tabla 22

	P ₂ O ₅	4
	S	6
Elementos secundarios		
Kieserita (SO ₄ Mg·H ₂ O)	MgO	25
	S	20
Nitrato de magnesio (NO ₃) ₂ Mg	N	11
	MgO	16
Óxido de magnesio	MgO	40
Óxido de magnesio en polvo	MgO	85
Cal dolomita	MgO	17,5
	CaO	32
Sulfato de magnesio	MgO	16,5
	S	12
Microelementos		
Complejo de boro y zinc	B	2,5
	Zn	15
Sulfato de zinc en polvo (SO ₄ Zn)	S	14
	Zn	28
Boro granulado	B	10
Ácido bórico (H ₃ BO ₃)	B	17
Bórax (Na ₂ B ₄ O ₇ ·10H ₂ O)	B	11
Sulfato de manganeso granulado (SO ₄ Mn)	Mn	20
Sulfato de zinc granulado (SO ₄ Zn)	P ₂ O ₅	3
	Zn	22
	S	7

NAp: nutriente que aporta.

Nota: Los fertilizantes pueden ser aplicados en mezclas. Para ello, es importante conocer que los ingredientes de las mezclas sean químicamente compatibles. En la tabla 23 se relaciona un listado de algunos materiales y su compatibilidad.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 23. Compatibilidad química de algunas fuentes de fertilizantes en mezcla

Fertilizante	Cloruro de potasio	Sulfato de potasio	Sulfato de amonio	Nitrato de amonio cálcico	Nitrato de potasio y sodio	Nitrato de calcio	Cianamida de calcio	Urea	Superfosfato triple	Fosfato de amonio	Hiperfosfatos	Carbonato de calcio
Cloruro de potasio	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible
Sulfato de potasio	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible
Sulfato de amonio	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible
Nitrato de amonio cálcico	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible
Nitrato de potasio y sodio	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible
Nitrato de calcio	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible
Cianamida de calcio	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible
Urea	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible
Superfosfato triple	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible
Fosfato de amonio	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible
Hiperfosfatos	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible
Carbonato de calcio	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible

Compatible Compatibilidad limitada Incompatibles

Fuente: ICA (1992)

En síntesis, inevitablemente, la agricultura extrae los nutrientes del suelo y ocasiona pérdida de fertilidad, por lo que, en consecuencia, si se quiere tener sistemas de producción sostenibles, los nutrientes tienen que reponerse, y es allí donde el manejo de la fertilidad del suelo y la nutrición de las plantas deben ser un asunto de primordial importancia para el agricultor, pues de un manejo adecuado depende la calidad del suelo y que las plantas logren un buen desarrollo, altos rendimientos y calidad de los productos. Para lograr lo anterior es importante que los productores puedan aplicar periódicamente las prácticas vistas en este capítulo, como el diagnóstico de la fertilidad de los suelos de sus fincas, la validación de los requerimientos nutricionales de los cultivos, la

restitución de los nutrientes del suelo en las cantidades que las plantas han utilizado durante cada ciclo de producción, la preparación del suelo con base en características físicas, la aplicación de abono orgánico al suelo para mejorar su estructura y la fertilización con base en los requerimientos nutricionales de los cultivos, además de todas aquellas prácticas que contribuyan a reducir la erosión y pérdida de la fertilidad.

Capítulo VII

Riego

El agua es el principal constituyente de las plantas, ya que representa alrededor del 80 % de su peso en especies herbáceas y aproximadamente el 50 % en especies leñosas. Además, es el medio de transporte de los nutrientes que provienen del suelo y, en el proceso fotosintético, el agua se combina con el dióxido de carbono para producir la biomasa, es decir, la planta misma. A pesar de ser fundamental para su desarrollo, el mayor consumo de agua no se da en la formación de tejidos vegetales, sino en los procesos de evapotranspiración. Se estima que, en la mayoría de los cultivos agrícolas, el agua evapotranspirada durante su desarrollo representa más del 95 % del consumo total de agua del cultivo (Calzada & Cedillo, 2014).

La implementación de sistemas de riego es uno de los elementos que impacta positiva y significativamente la producción y calidad de las cosechas en la tecnificación de los cultivos agrícolas. La combinación de riegos y drenajes en zonas productoras de la región Caribe de Colombia puede contribuir de manera importante en la competitividad económica de los cultivos, ya que rompería con la estacionalidad de las siembras por la dependencia de los agricultores a la precipitación pluvial, lo que redundaría en una mejor planificación de las siembras en beneficio de una más eficiente distribución en el tiempo (en el año) de la oferta de la productividad y, por ende, en la mejora de los precios de venta de la producción. Así mismo, el adecuado y oportuno suministro de agua a las plantas es fundamental para un funcionamiento fisiológico óptimo que permita la expresión del potencial genético y productivo en los cultivos. En el presente capítulo se presentan los conceptos y procedimientos de los cálculos requeridos para la implementación del riego con criterios técnicos, como la determinación de la capacidad de almacenamiento de agua del suelo, el cálculo de las necesidades de riego y el cálculo del balance hídrico agrícola; aspectos de los sistemas de riego como el diseño, el tipo (gravedad, aspersión y goteo) y los materiales no se presentan aquí, ya que estos dependen en gran medida de las condiciones particulares del terreno y de las capacidades económicas de los

agricultores. Además, su selección debe estar apoyada en recomendaciones de técnicos o profesionales en ingeniería agrícola.

Para implementar sistemas de riego de manera tecnificada, es necesario tener presentes los siguientes conceptos básicos.

Conceptos básicos

Capacidad de campo (θ_{cc}): corresponde al contenido de humedad en el que la tensión con la que es retenida el agua en el suelo tiene un valor entre 0,1 y 0,3 atmósferas, y representa el contenido de agua que permanece en el suelo una vez ha drenado, luego de un riego abundante o una inundación (León & Robles, 2007).

Punto de marchitez permanente (θ_{PMP}): corresponde al contenido de humedad en el que la tensión con la que es retenida el agua en el suelo tiene un valor de 15 atmósferas y se asume que las plantas no pueden extraer agua del suelo. Sin embargo, dependiendo de la especie, algunas plantas alcanzan dichas condiciones antes o después de este valor de tensión.

Agua útil o aprovechable para las plantas (AA): corresponde a la diferencia entre la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente, es decir, $AA = CC - PMP$. Este contenido de humedad del suelo representa el volumen de agua que pueden absorber las plantas con fuerzas de succión pequeñas (de 0,5 a 1 atmósfera) y sin dificultad.

Lámina de agua aprovechable (LAA): corresponde al AA en términos de lámina, es decir, en unidades de milímetros o centímetros. Para hacer ese cálculo, se requiere utilizar la siguiente ecuación:

$$LAA = \frac{CC - PMP}{100} \times GEA \times Pr,$$

donde CC: capacidad de campo; PMP: punto de marchitez permanente; Pr: profundidad radical; GEA: gravedad específica aparente, la cual es igual a la densidad aparente del suelo (DAS) entre la densidad del agua. Por ello, la GEA, en términos prácticos, corresponde al valor adimensional de la densidad aparente del suelo. Es decir,

$$LAA = \frac{CC-PMP}{100} \times \text{das (adimensional)} \times \text{Pr.}$$

Lámina de agua rápidamente aprovechable (LARA): en la práctica, el riego se realiza antes de que se agote la LAA, y por ello previamente se escoge un nivel de humedad para riego (NH). Finalmente, el término LARA corresponde al producto entre la LAA por el nivel de agotamiento (NA) seleccionado. A continuación, se relacionan las fórmulas de dicho concepto:

$$LARA = LAA \times NA,$$

donde NA: nivel de agotamiento, y este es igual a $1 - NH$; NH: nivel de humedad para riego seleccionado.

Evaporación: es el proceso por el cual el agua líquida se convierte en vapor de agua (vaporización) y se retira de la superficie evaporante (remoción de vapor). El agua se evapora de una variedad de superficies como lagos, ríos, caminos, suelos y vegetación mojada.

Transpiración: consiste en la vaporización del agua líquida contenida en los tejidos de la planta y en su posterior remoción hacia la atmósfera. Los cultivos pierden agua predominantemente a través de los estomas.

Evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o): es la tasa de evapotranspiración de una superficie de referencia que ocurre sin restricciones de agua. La superficie de referencia corresponde a un cultivo hipotético de pasto con características específicas. No se recomienda el uso de otras denominaciones, como "ET potencial", debido a las ambigüedades que se encuentran en su definición (Allen, Pereira, Raes, & Smith, 2006). En otras palabras, esta equivale a la evapotranspiración analizada en milímetros por unidad de tiempo; esta medida depende del clima, y por esta razón, en zonas soleadas, calurosas y secas, el resultado va a ser más alto (tabla 24).

Evapotranspiración del cultivo (ET_c): también es conocida como uso consuntivo (UC). La ET_c se calcula multiplicando la ET_o por el K_c, el cual es un coeficiente que expresa la diferencia entre la evapotranspiración de la superficie cultivada y la de la superficie del pasto de referencia (Allen et al., 2006).

$$ET_c = ET_o \times K_c.$$

Coefficiente único del cultivo (Kc): este coeficiente integra las diferencias en la evaporación en el suelo y en la tasa de transpiración del cultivo, entre el cultivo y la superficie del pasto de referencia (Cely, 2010). Como la evaporación en el suelo puede fluctuar diariamente como resultado de la lluvia o el riego, el coeficiente único del cultivo es solamente una expresión de los efectos promedio en el tiempo (múltiples días) de la evapotranspiración del cultivo. En otras palabras, es el factor del cultivo, se refiere a la especie estudiada (maíz, frijol, naranja, etc.) y a la etapa de crecimiento en que se encuentra (figura 16).

$$Kc = \frac{ETc}{ETo'}$$

donde ETc: evapotranspiración del cultivo (mm/día) obtenida mediante balance hídrico con lisímetro de campo; ETo: evapotranspiración de referencia (mm/día) obtenida a partir del cálculo con variables climáticas a través de estación meteorológica.

El coeficiente del cultivo describe las variaciones de la cantidad de agua que las plantas extraen del suelo a medida que se van desarrollando, desde la siembra hasta la cosecha, por ser dependiente de las características anatómicas, morfológicas y fisiológicas de la planta. El Kc varía con el periodo de crecimiento de la planta y con el clima; igualmente, depende de la capacidad de la planta para extraer agua del suelo, según su estado de desarrollo vegetativo (Allen et al., 2006).

Tabla 24. ETo promedio para diferentes regiones agroclimáticas en mm·día⁻¹

Regiones	Temperatura promedio durante el día (°C)		
	Templada (-10 °C)	Moderada (20 °C)	Caliente (> 30 °C)
Trópicos y subtrópicos			
Húmedos y subhúmedos	2-3	3-5	5-7
Áridos y semiáridos	2-4	4-6	6-8
Regiones templadas			
Húmedos y subhúmedos	1-2	2-4	4-7
Áridos y semiáridos	1-3	4-7	6-9

Fuente: Allen et al. (2006)

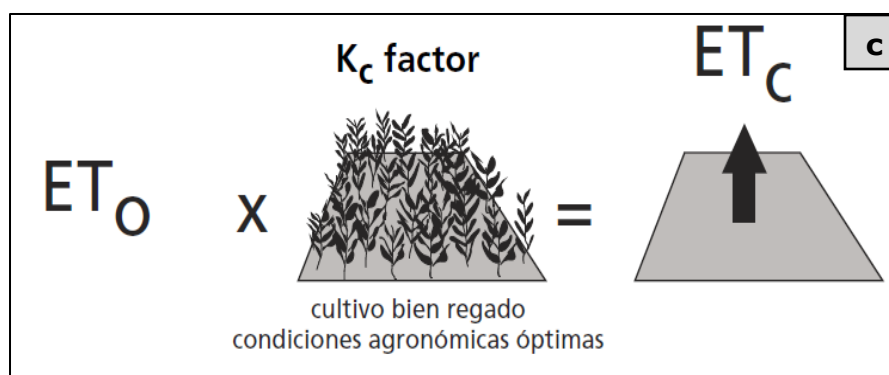
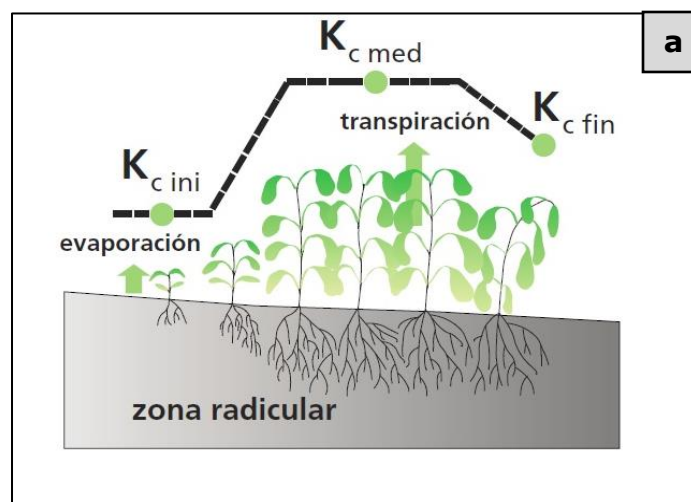


Figura 16. Representaciones gráficas de los conceptos. a. Coeficiente único del cultivo (K_c); b. Evapotranspiración de referencia (ET_0); c. Evapotranspiración del cultivo (ET_c).

Fuente: Allen et al. (2006)

Cálculos para determinar las necesidades de riego en el cultivo

Paso 1: se calcula la evapotranspiración del cultivo (ETc). Para ello, se deben conocer los valores de ETo y los del Kc de las diferentes etapas fenológicas del cultivo. Los valores de ETo se pueden obtener a partir de:

- estaciones meteorológicas de los sitios donde se desea sembrar;
- estimaciones mediante el uso de la ecuación FAO Penman-Monteith;
- estimaciones a partir del tanque de evaporación tipo A, y
- datos climatológicos de la ETo mensuales multianuales.

De las alternativas relacionadas anteriormente, la más accesible y práctica corresponde a los datos climáticos de ETo mensuales multianuales, los cuales corresponden al promedio de muchos años (en lo posible, ≥ 30 años). En las tablas 11-16 y en el anexo 1 se pueden consultar datos de ETo mensuales multianuales para diferentes municipios de la región Caribe colombiana. Para el Kc, se pueden utilizar los valores reportados por Marouelli, Oliveira, Coelho, Nogueira y Sousa (2011) para ahuyama y otras hortalizas (anexo 2).

Paso 2: se hace el cálculo de requerimientos de riego (RR). Para ello, se utiliza la siguiente ecuación:

$$RR = ETc - Pe$$

donde Pe corresponde a la precipitación efectiva. La Pe, con fines de diseño, se toma como igual a cero, es decir, los RR serían equivalentes a la ETc. Sin embargo, en este paso se realiza el cálculo por cada etapa fenológica; para ello, es necesario conocer, en cada una de estas, sus correspondientes valores Kc y su duración en días. Además, los resultados se pueden expresar en milímetros de lámina por hectárea, en litros (L) por hectárea por día y en litros por planta por día, dependiendo del sistema de riego que se esté usando (aspersión o goteo).

Paso 3: se debe hacer el cálculo de la fracción de lavado (FL). Es fundamental realizar un análisis del agua para riego, a fin de poder identificar posibles problemas de salinidad en el agua y, así, realizar correctivos en aras de minimizar el riesgo de salinización de los suelos y, por ende, de estrés por salinidad en las plantas. En los casos en los que se identifiquen problemas de salinidad en el agua, la lámina o fracción de lavado a aplicar se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$FL = \frac{CEa}{15 - CEa}$$

donde FL: fracción de lavado; CEa: conductividad eléctrica del agua de riego (dS/m).

Cuando el agua no presenta problemas de salinidad ($CEa < 0,7$ dS/m), no es necesario aplicar la fracción de lavado. Por lo tanto, se debe usar $FL = 0$.

Paso 4: cálculo de las necesidades de riego (NR). Finalmente, las necesidades totales de riego se calculan mediante la siguiente ecuación, teniendo en cuenta las pérdidas que se deben a la percolación, la fracción de lavado, si se requiere, y la eficiencia del sistema de riego:

$$NR = \frac{RR}{(1 - FL) \times ESR}$$

donde NR: necesidades de riego (mm o cm); RR: requerimientos de riego (mm o cm); FL: fracción de lavado o coeficiente de percolación, según corresponda; ESR: eficiencia del sistema de riego.

La pérdida por percolación está dada por $k = (1 - ESR)$, donde ESR es la eficiencia de aplicación (que para el riego por goteo está entre el 90 y el 95 %).

La necesidad de lavado, por su parte, está dada por $k = FL$, donde FL es el coeficiente de necesidad de lavado y está dado por la ecuación:

$$FL = \frac{CEa}{15 - CEa}$$

El agua por aplicar, ya sea para lavado o por percolación, está dada por la expresión $1 - k$, donde la k que se toma es el mayor valor del cálculo de k para lavado o para percolación, de tal manera que la necesidad total de riego se estima con la siguiente ecuación, donde la expresión $1 - FL$ es reemplazada por $1 - k$ de acuerdo a la k que corresponda según lo explicado anteriormente:

$$NR = \frac{RR}{(1 - k) \times ESR}$$

Cálculos para determinar la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo

Antes de proceder con la instalación de un sistema de riego, deben realizarse algunos estudios y pruebas que van a servir de parámetros para la selección y el diseño del sistema de riego a establecer. Dentro de esos estudios, está la descripción del perfil del suelo para tomar muestras que permitan determinar la textura, la densidad aparente, la profundidad de los horizontes y las propiedades hidrofísicas, como la capacidad de campo (θ_{cc}), el punto de marchitez permanente (θ_{pmp}) y la capacidad de almacenamiento de agua de cada horizonte, entre otras. También deben tenerse en cuenta la topografía del terreno, el tipo de cultivo, su arreglo en campo y aspectos de las fuentes de agua en cuanto a su localización, cantidad y calidad. Teniendo en cuenta lo anterior, se describirán a continuación algunos cálculos requeridos para el establecimiento de un sistema de riego. Además, se hará una descripción general y luego se aplicará un ejemplo práctico para el cultivo de ahuyama.

Paso 5: se deben determinar la capacidad de campo (θ_{cc}) y el punto de marchitez permanente (θ_{pmp}) del suelo donde se vaya a establecer el cultivo. Aunque existen diferentes métodos para la estimación de estos parámetros de humedad del suelo, lo más sencillo es el uso de las fórmulas desarrolladas por Legarda, García y Ruíz (2002):

$$\theta_{cc} = (0,6383 \times \% \text{ arcilla}) + (0,2845 \times \% \text{ limo}) + (0,0507 \times \% \text{ arena})$$

$$\theta_{PMP} = (0,3242 \times \% \text{ arcilla}) + (0,1408 \times \% \text{ limo}) + (0,0365 \times \% \text{ arena})$$

Para ello, inicialmente, se debe realizar una calicata de un metro cúbico, es decir, de 1 m × 1 m × 1 m. En esta, se identifican el número y la longitud de los horizontes que presenta el perfil del suelo; posteriormente, se toma una muestra por horizonte y se envía al laboratorio para análisis físico de textura y densidad aparente, y, finalmente, se estima la θ_{CC} y el θ_{PMP} aplicando las fórmulas descritas anteriormente con base en los resultados de arena, limo y arcilla obtenidos del análisis textural para cada uno de los horizontes del suelo.

Paso 6: se calculan la lámina de agua aprovechable (LAA) y la LAA centímetro a centímetro (LAA⁺), inicialmente, para cada profundidad de los horizontes del suelo y posteriormente para cada profundidad de raíces activas de los cultivos por fase fenológica. Para el caso de la ahuyama, se estima que las raíces activas profundizan alrededor de los 20, 40 y 60 centímetros en las fases fenológicas vegetativa, reproductiva y productiva, respectivamente.

Paso 7: se calcula la lámina de agua rápidamente aprovechable (LARA) asignando un nivel de humedad para riego (NH), el cual generalmente se considera del 50 %.

Paso 8: se debe calcular la lámina bruta (Lb): las láminas de riego calculadas deben incluir también un volumen adicional para compensar las pérdidas inevitables en la aplicación del agua de riego. Por ello, en esta lámina bruta se integra la eficiencia de los sistemas de riego (ESR), los cuales presentan, en general, eficiencias en los siguientes órdenes:

- 40 %-70 %: riego por surcos;
- 70 %-80 %: riego por aspersión, y
- 90 %-95 %: riego por goteo.

La Lb se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Lb = \frac{LARA}{ESR}$$

Paso 9. calcular la frecuencia de riego (FR), que se estima mediante la siguiente ecuación:

$$FR = \frac{LARA}{ET_c}$$

Esta ecuación se usa para estimar la frecuencia de riego cuando el fin es aplicarlo con un sistema por aspersión. Si es por goteo, la frecuencia de riego es todos los días, dado que el suelo bajo riego por goteo debe estar a capacidad de campo todos los días, para lo cual se debe reponer diariamente el agua que se gastó el día anterior debido a la evapotranspiración del cultivo (se debe reponer lo que la planta consumió y transpiró y lo que se evaporó).

Paso 10: calcular el tiempo de riego (TR): en riego por goteo, el tiempo de riego depende del caudal de los goteros, el número de goteros por planta y el volumen de agua que se debe reponer diariamente.

Para un sistema de riego por aspersión, el tiempo de riego (TR) está dado por la siguiente ecuación:

$$TR = \frac{Lb}{Va}$$

donde TR: tiempo de riego; Lb: lámina bruta por aplicar (mm o cm); Va: velocidad de aplicación del aspersor en mm/hora o cm/hora (esta información es proporcionada por el fabricante en las características técnicas del aspersor).

Aplicación del sistema de riego por goteo

Para la aplicación técnica del riego por goteo, se requiere el desarrollo de los pasos 1-5, es decir, determinar la necesidad total de riego del cultivo y la capacidad de campo del suelo. La operación del riego para esta clase de sistema se presenta a continuación.

Con el primer riego que se haga, hay que llevar el suelo a capacidad de campo (por ello es que son requeridos los cálculos de los pasos antes mencionados), y

a partir del segundo riego, hay que reponer en el suelo la cantidad de agua evapotranspirada por el cultivo el día anterior, con el fin de llevar el suelo nuevamente a su capacidad de campo. Es decir, en riego por goteo, se debe llevar el suelo a capacidad de campo todos los días.

Así mismo, con este sistema, se debe estar determinado diariamente (alrededor de las 7 a.m.) la evapotranspiración (ET_o) y la precipitación (PPT) del día anterior: la ET_o, mediante datos suministrados por una estación climatológica digital, un tanque evaporímetro tipo A o cualquier otro medio técnicamente reconocido, y la PPT, mediante la lectura de pluviómetros, que se pueden instalar cerca al cultivo. Si el monitoreo de la ET_o no es posible, se debe monitorear la humedad del suelo, para lo cual se pueden emplear sensores modernos digitales que arrojan valores de humedad del suelo en tiempo real o tensiómetros a diferentes profundidades; estos son los dispositivos que se usan con mayor frecuencia para monitorear la humedad del suelo y tomar la decisión de regar o no. Al respecto, más adelante se explica de manera detallada la instalación y el manejo de los tensiómetros. Finalmente, se puede concluir que la frecuencia de riego por goteo es generalmente de todos los días y que depende de los valores de humedad del suelo, así como el tiempo de riego depende de la configuración del sistema (número de goteros por planta y caudal del gotero).

Aplicación del sistema de riego por aspersión

Para aplicar riego por aspersión, se deben llevar a cabo los pasos 1-10. La operación técnica de este sistema de riego está mucho más ligada con el suelo, dado que se hace aplicación de agua sobre toda la superficie del suelo, cada cierto tiempo, según las características y los requerimientos de la planta: se almacena el agua en el perfil del suelo y la planta la toma de acuerdo con sus necesidades, mientras que, en el sistema de riego por goteo, se le aplica agua a la planta directamente, de manera localizada, en la rizosfera (zona de raíces activas), todos los días, y reponiendo lo que se consumió el día anterior.

Ejemplo práctico e ilustrativo para riego por goteo: cultivo de ahuyama en el municipio de Zona Bananera (Magdalena, Colombia)

Los datos del cultivo son:

Fecha de siembra: 15 enero de 2018

Ciclo del cultivo: $\approx$ 120 días

Nivel de humedad para riego (NH): 50 %

Sistema de riego: por goteo (90 % de eficiencia)

Tabla 25. Fenología del cultivo

Fenología					
Fase	Lapso	Días	Kc	PrS (cm)	PrR (cm)
I: Vegetativa	1-45	45	0,50	0-15 (15)	20
II: Reproductiva	46-90	45	1,00	15-30 (15)	40
III: Productiva	91-120	30	0,75	30-64 (34)	60

PrS: profundidad del suelo; PrR: profundidad de raíces activas

Fuente: Elaboración propia.

Pasos 1 y 2: Cálculo de ETo y requerimiento de riego para el cultivo: se determinó la información sobre ETo mensual multianual del municipio Zona Bananera (Magdalena, Colombia) para los meses de interés del cultivo, es decir, para el periodo en el que se desarrolla el sistema productivo (de enero a mayo) (tabla 26).

Tabla 26. ETo del cultivo en el periodo del sistema productivo

Mes	Días	ETo (mm/mes)	ETo (mm/día)*
Enero	31	102,9	3,3
Febrero	28	98,7	3,5
Marzo	31	115,8	3,7
Abril	30	110,7	3,7
Mayo	31	111,0	3,6

* ETo (mm/día) = ETo/días

Fuente: Elaboración propia

El siguiente paso es determinar el requerimiento de riego de la ahuyama para cada fase fenológica, teniendo en cuenta la información climática, los Kc de cada

fase y su duración en cuanto al periodo que dura el cultivo. Las fases fenológicas para la ahuyama son: vegetativa (FV), reproductiva (FR) y productiva (FP).

La duración de las fases y sus respectivos Kc se relacionan a continuación:

Fase vegetativa: Duración: 1-45 días; Kc: 0,50.

Fase reproductiva: Duración: 46-90 días; Kc: 1.

Fase productiva: Duración: 91-120 días; Kc: 0,75.

Como la fecha de siembra fue el 15 de enero, las fases fenológicas del cultivo se desarrollarán en el tiempo como se indica en la tabla 27.

Tabla 27. Fases fenológicas del cultivo en días

Fase fenológica	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Total
Vegetativa	16	28	1			45
Reproductiva			30	15		90
Productiva				15	15	120

Fuente: Elaboración propia

En términos generales, el requerimiento de riego de una fase se estima de la siguiente manera: se tiene en cuenta el número de días del mes al cual corresponde la fase, la evapotranspiración de referencia de ese mes y el Kc de ese mes. Si hay más de un mes involucrado en la fase, se tiene en cuenta el mismo procedimiento anterior. La fórmula de esto se expresa a continuación:

$$RR_{Fn} = \frac{(\# \text{ días mes 1} \times ETo \text{ mes 1} \times Kc \text{ fase n}) + (\# \text{ días mes 2} \times ETo \text{ mes 2} \times Kc \text{ fase n}) + (\# \text{ días mes n} \times ETo \text{ mes n} \times Kc \text{ fase n})}{\# \text{ días de la fase n}}$$

Para la fase vegetativa, los cálculos serían así (figura 17):

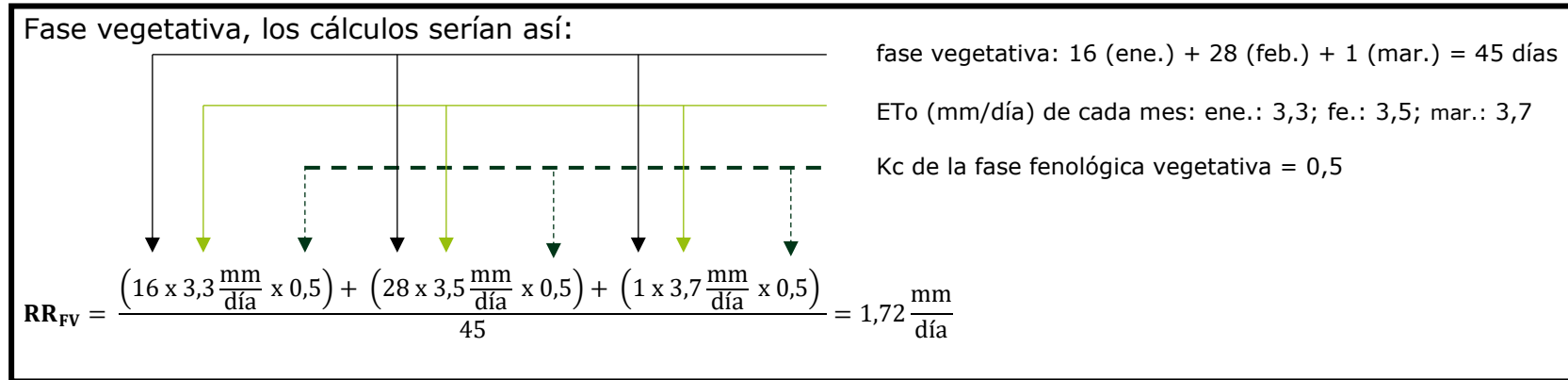


Figura 17. Días, ETo y Kc de la fase vegetativa del cultivo.

$$RR_{FR} = \frac{(30 \times 3,7 \frac{\text{mm}}{\text{día}} \times 1) + (15 \times 3,7 \frac{\text{mm}}{\text{día}} \times 1)}{45} = 3,70 \frac{\text{mm}}{\text{día}}$$

Para la fase productiva:

$$RR_{FP} = \frac{(15 \times 3,7 \frac{\text{mm}}{\text{día}} \times 0,75) + (15 \times 3,6 \frac{\text{mm}}{\text{día}} \times 0,75)}{30} = 2,74 \frac{\text{mm}}{\text{día}}$$

Pasos 3 y 4: Calcular la fracción de lavado (FL) y las necesidades totales de riego. Para ello, se utilizan los resultados del análisis de agua de la tabla 28. Los análisis de agua realizados por AGROSAVIA contienen una interpretación de los resultados. Sin embargo, en los anexos 3 y 4 se relacionan los valores de referencia para la interpretación de los parámetros de los análisis de aguas para riego.

Tabla 28. Resultados del análisis de agua para riego

Determinación analítica	Unidad	Método	Valor*
Relación de absorción de sodio (RAS)	mg/l	SM3120 B modificado	0,33
Dureza	mg/l de CaCO ₃	Cálculo a partir del Ca y el Mg	824,44
pH		SM4500-H+B	7,52
Conductividad eléctrica (CE)	dS/m	SM510 Ed 21	1,59
Sólidos totales disueltos (TDS)	mg/L	SM510 Ed 21	1.115,51
Boro (B)	mg/L	NTC5404 modificado	0,06
Calcio (Ca ²⁺)	meq/L	SM3111 B modificado	13,14
Magnesio (Mg ²⁺)	meq/L	SM3111 B modificado	3,33
Potasio (K ⁺)	meq/L	SM3111 B modificado	0,04
Sodio (Na ⁺)	meq/L	SM3111 B modificado	0,95
Carbonatos (CO ₃ ⁼)	meq/L	SM3111 B modificado	0,00
Bicarbonatos (HCO ₃ ⁻)	meq/L	SM2320 modificado	0,06
Cloruros (Cl ⁻)	meq/L	SM4500 B Ed 21 modificado	0,24
Sulfatos (SO ₄ ⁼)	meq/L	SM4500 Ed 21 modificado	30,30
Fosfatos (PO ₄ ⁼)	mg/L	NTC5167 modificado	< 0,50
Hierro (Fe)	mg/L	SM2510 Ed 21	< 0,50

A18-15009 Diagnóstico: Agua de pH ligeramente alcalino sin presencia de bicarbonatos (CO₃⁼). Existe restricción para uso agrícola debido a los altos niveles de sólidos totales disueltos (TDS) y dureza, por lo cual se recomienda el uso de correctores como ácido cítrico o fosfórico para acondicionar el agua. Leve probabilidad de salinización del suelo por uso de esta agua, considerando los valores de conductividad eléctrica (CE) y la relación de absorción de sodio (RAS). No hay toxicidad por sodio (Na⁺) y carbonatos (CO₃⁼). Alta toxicidad por sulfatos (SO₄⁼) y calcio (Ca²⁺). Baja probabilidad de toxicidad por boro (B), magnesio (Mg²⁺), potasio (K⁺), bicarbonatos (HCO₃⁻), hierro (Fe) y cloro (Cl⁻). El nivel reportado de fosfato (PO₄⁼) se encuentra dentro de los rangos habituales. Se recomienda mantener el suelo con cobertura vegetal y con drenajes profundos y arar con cincel en sentido de los canales, para evitar la acumulación de sales y sodio en la superficie. Se sugiere el uso de reguladores de pH si se usa el agua para realizar aplicación de agroquímicos vía foliar. En conclusión, el agua presenta algunas limitaciones para riego.

Fuente: Elaboración propia

El cálculo de la FL se estima de la siguiente manera:

$$FL = \frac{CEa}{15 - CEa} = \frac{1,59 \text{ dS/m}}{15 - 1,59 \text{ dS/m}} = 0,12$$

El agua requerida para el lavado de sales está dada por la expresión $1 - k$, donde, para este caso, $k = FL = 0,120$ y la eficiencia del sistema de riego por goteo es del 90 % (0,90).

Con los valores de RR, k y ESR, se puede usar la siguiente ecuación para estimar el requerimiento de riego total para cada fase.

$$NR = \frac{RR}{(1 - k) \times ESR}$$

Para la fase vegetativa, la lámina de riego total (NR) que se debe aplicar diariamente se estima de la siguiente manera:

$$NR_{FV} = \frac{RR}{(1 - FL) \times ESR} = \frac{1,72 \frac{\text{mm}}{\text{día}}}{(1 - 0,12) \times 0,90} = 2,17 \frac{\text{mm}}{\text{día}}$$

Para la fase reproductiva, sería:

$$NR_{FR} = \frac{3,7 \frac{\text{mm}}{\text{día}}}{(1 - 0,12) \times 0,90} = 4,67 \frac{\text{mm}}{\text{día}}$$

Para la fase productiva, sería:

$$NR_{FP} = \frac{2,74 \frac{\text{mm}}{\text{día}}}{(1 - 0,12) \times 0,90} = 3,46 \frac{\text{mm}}{\text{día}}$$

Esta lámina a aplicar (NR) contiene el agua necesaria para el consumo del cultivo, el agua relacionada con la eficiencia de aplicación o uniformidad del riego y el agua necesaria para el lavado de sales en el suelo.

Esta lámina de agua diaria a aplicar se puede expresar en términos de litros de agua por hectárea y también en litros de agua por planta por día, si se tiene en cuenta la cantidad de plantas de ahuyama por hectárea. Para hacer esto, se tienen que tener en cuenta las equivalencias entre milímetros de lámina de agua y litros de agua por hectárea, como se indica a continuación:

1 mm de lámina de agua = 10 m³/ha, y 1 m³ de agua = 1.000 litros de agua; por lo tanto:

10 m³ de agua = 10.000 litros/ha; esto quiere decir que:

1 mm de lámina de agua = 10.000 litros de agua/ha.

Teniendo en cuenta estas equivalencias, se pueden estimar las láminas de riego total a aplicar en cada fase, en litros de agua por hectárea y en litros de agua por planta por día, de la siguiente manera:

Para la fase vegetativa, se tiene:

NR = 2,17 mm/día, equivalentes a 21.700 L/ha por día. Este valor se obtiene del siguiente cálculo:

$$NR = \frac{2,17 \frac{\text{mm}}{\text{día}} \times 10.000 \frac{\text{L}}{\text{ha}}}{1 \text{ mm}} = 21.700 \frac{\text{L}}{\text{ha}} \cdot \text{día}$$

Para la fase reproductiva, se procede de la misma manera y se tiene:

NR = 4,67 mm/día, equivalentes a 46.700 L/ha por día.

Para la fase productiva, se tiene:

NR = 3,46 mm/día, equivalentes a 34.600 L/ha por día.

Para expresar el requerimiento de riego total en términos de litros de agua por planta por día, se debe conocer el número de plantas por hectárea del cultivo en que se está trabajando; para el caso de la ahuyama, que se establece en campo en un arreglo de 3 metros entre surcos y 2 metros entre plantas (3 m × 2 m), se tendría una densidad de 1.666 plantas/ha (resultados de investigación de AGROSAVIA incluidos en este documento).

Para la fase vegetativa, se estimaría el requerimiento de riego total en términos de litros de agua por planta por día de la siguiente forma:

$$RR_{FV} = \frac{RRT \frac{L}{ha \cdot día}}{DS \frac{plantas}{ha}} = \frac{21,700 \frac{L}{ha \cdot día}}{1.666 \frac{plantas}{ha}} = 13,02 \frac{L}{planta \cdot día}$$

Esto quiere decir que, en ausencia de lluvia, se le deben aplicar 13,02 litros de agua a cada planta en el día.

Para la fase reproductiva, siguiendo el mismo procedimiento, se tendría un valor de:

$$RR_{FR} = 28,03 \frac{L}{planta \cdot día}$$

Para la fase productiva, se tendría un valor de:

$$RR_{FP} = 20,77 \frac{L}{planta \cdot día}$$

Frecuencia de riego (FR)

La frecuencia de riego por goteo es diaria, por lo que se ha llamado *riego localizado de alta frecuencia*. Este nombre se debe a que la aplicación del agua es localizada en la zona de las raíces y a que se hace diariamente.

Tiempo de riego (TR)

El tiempo de riego depende de aspectos como el caudal del gotero y el número de goteros por planta. A continuación, se presenta un ejemplo: digamos que se cuenta con un gotero cuyo caudal es de 4 litros por hora y que a cada planta se le pusieron 2 goteros. Lo anterior quiere decir que en una hora se le aplican 8 litros de agua a la planta y que esta requiere, para la fase vegetativa, 13,02 litros en el día. Para saber el tiempo que debe durar el riego, se hace una regla de tres simple: si en una hora se aplican 8 litros, ¿cuántas horas se necesitan para aplicar 13,02 litros?

$$\begin{array}{ccc} 1 \text{ hora} & \xrightarrow{\hspace{2cm}} & 8 \text{ litros} \\ X & \xleftarrow{\hspace{2cm}} & 13,02 \text{ litros} \end{array}$$

$$X = \frac{1 \text{ hora} \times 13,02 \text{ litros}}{8 \text{ litros}} = 1,63 \text{ horas (1 h y 38 min)}.$$

Así, una hora y 38 minutos debe ser el tiempo que los goteros deben estar funcionando para que se apliquen los 13,02 litros de agua.

Operación del riego

En ausencia de lluvia, se debe aplicar agua al cultivo, para cada fase fenológica, como se describe a continuación: en la fase vegetativa, 13,02 litros de agua diarios por planta; en la fase reproductiva, 28,03 litros de agua diarios por planta, y en la fase productiva, 20,77 litros de agua diarios por planta.

En el caso de que se presente lluvia, deben medirse los milímetros que cayeron con un pluviómetro. Además, recordemos que se debe determinar diariamente la evapotranspiración del día anterior para aplicar esa lámina. Por ejemplo, si la evapotranspiración del día anterior fue de 6 mm, ese día se deben regar 6 mm para llevar nuevamente el suelo a capacidad de campo, pero si el día anterior llovieron por la noche unos 4 mm y se midieron en el pluviómetro, el riego se haría teniendo en cuenta esto, es decir, se aplicarían solo 2 mm, porque 4 fueron aplicados por la lluvia. Ahora, si la lluvia fue de 10 mm, quiere decir que no se debe regar, puesto que los 6 mm evapotranspirados fueron repuestos por la lluvia y sobran 4 mm. Para saber cuándo regar, hay que estar evaluando la humedad del suelo con sensores de humedad digitales o con un tensiómetro instalado en el suelo donde está el cultivo (en la tabla 31 se encuentra una descripción de cómo se debe usar el tensiómetro y la interpretación de las lecturas de acuerdo con el tipo de suelo). Este equipo nos permite tomar la decisión sobre cuándo regar según la lectura que esté presentando.

Por último, se debe aclarar que en este ejemplo hace falta estimar la lámina de agua que llevaría al suelo a capacidad de campo, a la profundidad de la raíz del cultivo de ahuyama, en cada una de las fases fenológicas. Este aspecto se

desarrollará en el siguiente ejercicio para el riego por aspersión. El cálculo de las láminas de agua aprovechable neta y bruta del suelo (que se realiza en el siguiente ejercicio) se aplicaría en el presente ejemplo con el propósito de llevar el suelo a capacidad de campo.

Ejemplo práctico e ilustrativo para riego por aspersión: cultivo de ahuyama en el municipio de Zona Bananera (Magdalena, Colombia)

Los datos del cultivo son:

Fecha de siembra: 14 de enero de 2018

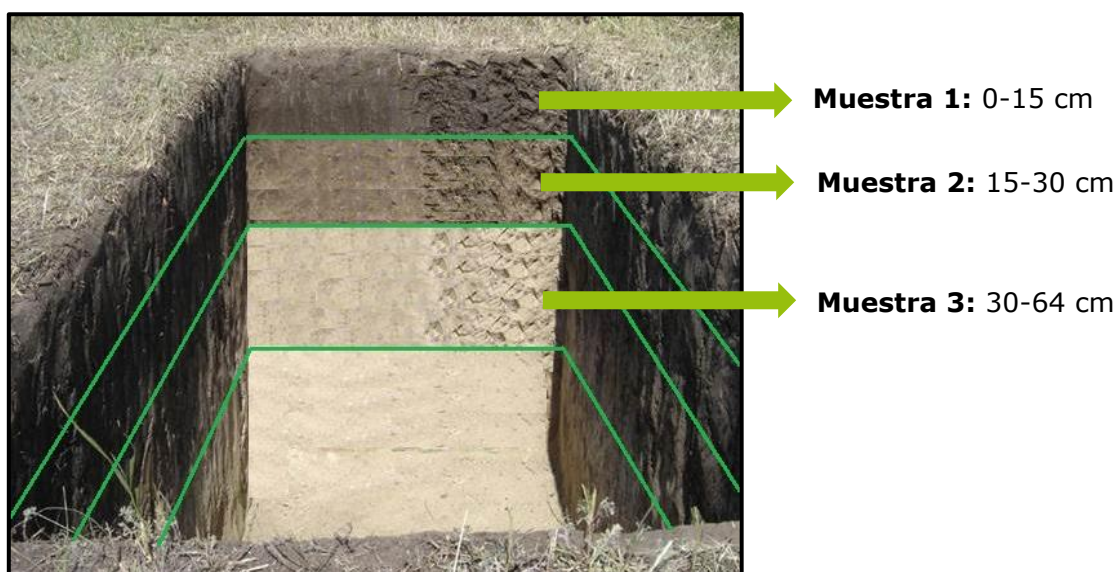
Ciclo del cultivo: $\approx$ 120 días

Nivel de humedad para riego (NH): 50 %

Sistema de riego: por aspersión (80 % de eficiencia)

Los cálculos realizados en los pasos 1, 2, 3 y 4 del ejemplo para el sistema de riego por goteo se aplican para el presente ejemplo.

En este ejemplo, se continúa además con el cálculo de otros parámetros que se requieren, para lo cual se realizaron algunos estudios y análisis de laboratorio. A continuación, en la figura 18, se muestra una calicata donde se describió el perfil del suelo identificando cuatro horizontes con sus respectivos espesores; de estos, para efectos del riego, se toman los tres primeros, debido a que las raíces activas del cultivo de ahuyama se concentran hasta los primeros 60 cm. De cada horizonte se tomaron muestras para realizar análisis físicos (textura con sus porcentajes de arena, limo, arcilla y densidad aparente).



Fuente: Elaboración propia

Figura 18. Perfil del suelo con cuatro horizontes y sus respectivos espesores.

La tabla 29 muestra los resultados de laboratorio de los análisis físicos de los suelos de cada una de las muestras tomadas en cada horizonte del perfil del suelo.

Tabla 29. Resultados de los análisis físicos tomados para cada horizonte del perfil del suelo

Muestra	PrS (cm)		Text.	Ar (%)	L (%)	A (%)	DAS
	Rango	Longitud					
Horizonte 1	0-15	15	FArA	20,14	18,81	61,05	1,10
Horizonte 2	15-30	15	FA	11,44	22,12	66,44	1,20
Horizonte 3	30-64	34	AF	8	18,12	73,88	1,33

PrS: profundidad del suelo; Text.: textura; Ar: arcilla; L: limo; A: arena; DAS: densidad aparente del suelo.

Fuente: Elaboración propia

Para realizar los cálculos, procedemos a desarrollar los siguientes pasos:

Paso 5: calcular la CC y el PMP para cada horizonte.

$CC = (0,6383 \times \% \text{ arcilla}) + (0,2845 \times \% \text{ limo}) + (0,0507 \times \% \text{ arena}),$

$PMP = (0,3242 \times \% \text{ arcilla}) + (0,1408 \times \% \text{ limo}) + (0,0365 \times \% \text{ arena}),$

$$\begin{aligned} CCh1 &= (0,6383 \times 20,14 \%) + (0,2845 \times 18,81 \%) + (0,0507 \times 61,05 \%) = 21,3 \%, \\ PMP1 &= (0,3242 \times 20,14 \%) + (0,1408 \times 18,81 \%) + (0,0365 \times 61,05 \%) = 11,4 \%, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CCh2 &= (0,6383 \times 11,44 \%) + (0,2845 \times 22,12 \%) + (0,0507 \times 66,44 \%) = 16,96 \%, \\ PMP2 &= (0,3242 \times 11,44 \%) + (0,1408 \times 22,12 \%) + (0,0365 \times 66,44 \%) = 9,25 \%, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CCh3 &= (0,6383 \times 8 \%) + (0,2845 \times 18,12 \%) + (0,0507 \times 73,88 \%) = 14,02 \%, \\ PMP3 &= (0,3242 \times 8 \%) + (0,1408 \times 18,12 \%) + (0,0365 \times 73,88 \%) = 7,84 \%. \end{aligned}$$

Pasos 6 y 7: con los valores de CC, PMP, DAS y espesor de cada horizonte, se estiman la lámina de agua aprovechable y rápidamente aprovechable para cada horizonte:

$$LAA = \frac{CC - PMP}{100} \times DAS \text{ (adimensional)} \times PrS$$

$$LAA_{PrS15} = \frac{21,3 \% - 11,4 \%}{100} \times 1,1 \times 15 \text{ cm} = 1,63 \text{ cm}$$

$$LAA_{PrS15-30} = \frac{16,96 \% - 9,25 \%}{100} \times 1,2 \times 15 \text{ cm} = 1,39 \text{ cm}$$

$$LAA_{PrS30-64} = \frac{14,02 \% - 7,84 \%}{100} \times 1,33 \times 34 \text{ cm} = 2,79 \text{ cm}$$

Para efectos de facilitar los cálculos que siguen, se expresa la lámina de agua aprovechable que puede almacenar cada horizonte en términos de cm/cm, es decir, los centímetros de lámina de agua que es capaz de almacenar cada centímetro de profundidad de suelo de cada horizonte. Para ello, se aplica la siguiente ecuación:

$$LAA_{PrS15}^+ = \frac{1,63 \text{ cm}}{15 \text{ cm}} = 0,11 \text{ cm/cm}$$

$$LAA_{PrS15-30}^+ = \frac{1,39 \text{ cm}}{15 \text{ cm}} = 0,09 \text{ cm/cm}$$

$$LAA_{PrS30-64}^+ = \frac{2,79 \text{ cm}}{34 \text{ cm}} = 0,08 \text{ cm/cm}$$

Después, se estima la lámina de agua rápidamente aprovechable (LARA) para cada horizonte. Para esto, hay que tener en cuenta el nivel de agotamiento (NA) del agua en el suelo, y para ello se requiere tener en cuenta el nivel de humedad para riego o umbral de riego (NH):

$$LARA = LAA \times NA$$

donde $NA = 1 - NH$. Para esto, hay que determinar el NH para el cultivo o la especie vegetal, pero cuando no se conoce con exactitud, generalmente se toma como el 50 % (0,5). Así, pues, se tendría:

$$NA = 1 - 0,5 = 0,5$$

Aplicando la ecuación de la LARA para cada horizonte, se tiene:

$$LARA_{PrS0-15} = 1,63 \text{ cm} \times 0,5 = 0,82 \text{ cm}$$

$$LARA_{PrS15-30} = 1,39 \text{ cm} \times 0,5 = 0,69 \text{ cm}$$

$$LARA_{PrS30-64} = 2,79 \text{ cm} \times 0,5 = 1,39 \text{ cm}$$

Ahora es necesario estimar la lámina de agua que se debe aplicar al cultivo en cada una de sus fases fenológicas, para lo cual se emplea la profundidad de la raíz en la fase correspondiente, pero respetando la capacidad de almacenamiento de agua aprovechable de cada horizonte; para ello, es muy útil el cálculo de lámina cm/cm que se realizó anteriormente. Es importante tener en cuenta, para este cálculo, que la profundidad que alcanza la raíz en alguna de sus fases involucra varios horizontes, por lo que la lámina de agua para esa fase y profundidad de la raíz será la sumatoria de las láminas que almacena cada horizonte individualmente. Durante el desarrollo de los cálculos, se explicará el procedimiento.

En la primera etapa fenológica de la planta, la raíz alcanza una profundidad de 20 cm. Si nos remitimos a los horizontes del perfil del suelo descritos, observamos que la raíz cubre todo el primer horizonte y 5 cm de profundidad del segundo, por lo que el cálculo debe tener en cuenta esto. Así, el procedimiento es el siguiente: el espesor (o la profundidad) del primer horizonte es de 15 cm, y la lámina cm/cm de este es de 0,11. La lámina cm/cm del segundo es de 0,09, pero de este horizonte se van a intervenir solo 5 cm de profundidad. La suma de la lámina del horizonte 1 con la lámina que se almacena a los 5 cm de profundidad del horizonte 2 es la lámina de agua que se debe aplicar para la profundidad de raíz de 20 cm de la primera fase del cultivo, por lo que el cálculo es el siguiente:

$$LAA_{PrR20} = (15 \text{ cm} \times 0,11) + (5 \text{ cm} \times 0,09) = 2,10 \text{ cm}$$

Para la segunda fase, la raíz alcanza una profundidad de 40 cm, por lo que interviene todo el horizonte 1 (15 cm de espesor), el horizonte 2 (que también tiene un espesor de 15 cm) y 10 cm del horizonte 3. Para este caso, hay que calcular tres láminas, una para cada horizonte, y la suma de estas es la lámina para la profundidad de 40 cm de raíz. El cálculo es el siguiente:

$$LAA_{PrR40} = (15 \text{ cm} \times 0,11) + (15 \text{ cm} \times 0,09) + (10 \text{ cm} \times 0,08) = 3,82 \text{ cm}$$

Para la tercera fase, la raíz alcanza una profundidad de 60 cm, por lo que interviene todo el horizonte 1 (15 cm de espesor), el horizonte 2 (que también tiene un espesor de 15 cm) y 30 cm del horizonte 3. Para este caso, hay que calcular tres láminas, una para cada horizonte, y la suma es la lámina para la profundidad de 60 cm de raíz. El cálculo se presenta a continuación:

$$LAA_{PrR60} = (15 \text{ cm} \times 0,11) + (15 \text{ cm} \times 0,09) + (30 \text{ cm} \times 0,08) = 5,42 \text{ cm}$$

Se ha calculado la lámina de agua aprovechable (LAA) en el perfil del suelo para la profundidad de raíz de cada fase fenológica de la ahuyama. De esa LAA neta, se tomará una fracción, que es la que la planta va a aprovechar rápidamente (LARA) y de la que toma el agua sin ningún esfuerzo o gasto de energía (el agua entra a la raíz por osmosis o difusión). Se había dicho anteriormente que esa fracción debe averiguarse y que es propia de cada especie vegetal. Si no se tiene esa información,

generalmente se toma el 50 %. De acuerdo con los resultados anteriores de LAA neta, y aplicando el criterio de $NA = 50\%$ (0,5), se calcula la LARA neta para cada profundidad de raíz de la fase fenológica correspondiente, así:

$$LARA_{PrR} = LAA_{PrR} \times 0,5$$

$$LARA_{PrR20} = 2,10 \text{ cm} \times 0,5 = 1,05 \text{ cm}$$

$$LARA_{PrR40} = 3,82 \text{ cm} \times 0,5 = 1,91 \text{ cm}$$

$$LARA_{PrR60} = 5,42 \text{ cm} \times 0,5 = 2,71 \text{ cm}$$

Paso 8: calcular la lámina bruta que se debe aplicar de acuerdo con cada fase fenológica. Como la uniformidad de aplicación del riego no es del 100 %, se debe considerar la aplicación de una lámina adicional para compensar la uniformidad, por lo que se tiene en cuenta la eficiencia del sistema de riego. Esta eficiencia, para el caso de riego por aspersión, es del 80 % (0,8). Se aplica esta eficiencia a cada lámina de cada fase y se obtiene la lámina bruta a aplicar:

$$Lb_n = \frac{LAA_{PrR}}{ESR}$$

$$Lb_{20} = \frac{2,10 \text{ cm}}{0,80} = 2,63 \text{ cm}$$

$$Lb_{40} = \frac{3,82 \text{ cm}}{0,80} = 4,77 \text{ cm}$$

$$Lb_{60} = \frac{5,42 \text{ cm}}{0,80} = 6,77 \text{ cm}$$

A esta lámina bruta también se le puede determinar la lámina bruta rápidamente aprovechable asumiendo que el $NA = 0,5$, como se realizó con la LAA. La tabla 30 muestra un resumen de los cálculos realizados hasta el momento para el suelo y la planta.

Tabla 30. Resumen de los cálculos realizados para el suelo y la planta

Muestra	PrS (cm)		CC (%)	PMP (%)	LAA _{PrS} (cm)	LAA _{PrS} ⁺ (cm/cm)	NH (%)	LARA _{PrS} (cm)	PrR (cm)	LAA _{PrR} (cm)	LARA _{PrR} (cm)	Lb _{PrR} (cm)
Horizonte 1	0-15	15	21,3	11,4	1,63	0,11	50	0,82	20	2,10	1,05	2,63
Horizonte 2	15-30	15	17,0	9,2	1,39	0,09	50	0,69	40	3,82	1,91	4,77
Horizonte 3	30-64	34	14,0	7,8	2,79	0,08	50	1,39	60	5,42	2,71	6,77

PrS: profundidad del suelo; CC: capacidad de campo; PMP: punto de marchitez permanente; LAA: lámina de agua aprovechable; LAA⁺: lámina de agua aprovechable centímetro a centímetro; NH: nivel de humedad; LARA: lámina de agua rápidamente aprovechable; PrR: profundidad radical; Lb: lámina bruta

Fuente: Elaboración propia.

A la lámina de agua bruta hay que agregarle la lámina requerida para el lavado de sales (en caso de que sea necesario) y para la percolación, para cuyo cálculo se usa la siguiente ecuación:

$$NR = \frac{RR}{(1 - k)}$$

y asumiendo que $RR = Lb_{PrR}$, se tendría:

$$NR_{20} = \frac{2,63 \text{ cm}}{(1 - 0,12)} = 2,99 \text{ cm}$$

$$NR_{40} = \frac{4,77 \text{ cm}}{(1 - 0,12)} = 5,42 \text{ cm}$$

$$NR_{60} = \frac{6,77 \text{ cm}}{(1 - 0,12)} = 7,69 \text{ cm}$$

La operación del riego en campo sería de la siguiente forma: el primer riego se hace en el suelo seco, sin humedad, con toda la lámina bruta, y los siguientes riegos se hacen con la LARA bruta (la lámina de agua rápidamente aprovechable bruta), es decir, con el 50 % de la lámina bruta total, ya que el otro 50 % del agua debe quedar almacenado en el suelo para que la planta no sufra estrés. Los cálculos de la LARA bruta serán así:

$$LARAb_{20} = Lb_{20} \times 0,5$$

entonces, $LARAb_{20} = 2,99 \text{ cm} \times 0,5 = 1,49 \text{ cm}$, lo que equivale a 14,9 mm.

$$LARAb_{40} = Lb_{40} \times 0,5$$

entonces, $LARAb_{40} = 5,42 \text{ cm} \times 0,5 = 2,71 \text{ cm}$, lo que equivale a 27,1 mm.

$$LARAb_{60} = Lb_{60} \times 0,5$$

entonces, $LARAb_{60} = 7,69 \text{ cm} \times 0,5 = 3,85 \text{ cm}$, lo que equivale a 38,5 mm.

Frecuencia de riego (FR)

Recordemos que en los pasos 1 y 2 del ejemplo de riego por goteo habíamos estimado los requerimientos de riego de cada fase fenológica así:

$$RR_{FV} = 1,72 \text{ mm/día}$$

$$RR_{FR} = 3,70 \text{ mm/día}$$

$$RR_{FP} = 2,74 \text{ mm/día}$$

Se tienen las láminas de agua y el requerimiento de riego que se deben aplicar en cada una de las fases fenológicas del cultivo de ahuyama. Con esta información, se puede calcular la frecuencia de riego para cada fase de la siguiente manera:

$$FR = \frac{LARA}{ETc}$$

Para la aplicación de esta ecuación, se tiene que la LARA es la LARA bruta y que la ETc (evapotranspiración del cultivo) es el RR (requerimiento de riego de cada etapa fenológica del cultivo de ahuyama). Así, se tiene:

Para la fase vegetativa:

$$FR = \frac{LARA_{b} \text{ (mm)}}{RR \left(\frac{\text{mm}}{\text{día}} \right)}$$

Luego

$$FR = \frac{14,9 \text{ mm}}{1,72 \left(\frac{\text{mm}}{\text{día}} \right)} = 8,66 \text{ días, es decir, 9 días.}$$

Esto significa que durante la fase vegetativa de la ahuyama (es decir, durante los primeros 45 días del cultivo) se debe estar aplicando, cada vez que se riega (a partir del segundo riego), una lámina de agua de 14,9 mm, cada 9 días, y que se almacenará a una profundidad en el suelo de 20 cm.

Por su parte, para la fase reproductiva:

$$FR = \frac{LARA_b \text{ (mm)}}{RR \left(\frac{\text{mm}}{\text{día}} \right)}$$

luego

$$FR = \frac{27,1 \text{ mm}}{3,70 \left(\frac{\text{mm}}{\text{día}} \right)} = 7,32 \text{ días, aproximadamente 7 días.}$$

Esto significa que durante la fase reproductiva de la ahuyama (es decir, entre los 45 y los 90 días del cultivo) se debe estar aplicando, cada vez que se riega, una lámina de agua de 27,1 mm, cada 7 días, y que se almacenará a una profundidad en el suelo de 40 cm.

Por último, para la fase productiva:

$$FR = \frac{LARA_b \text{ (mm)}}{RR \left(\frac{\text{mm}}{\text{día}} \right)}$$

Luego

$$FR = \frac{38,5 \text{ mm}}{2,74 \left(\frac{\text{mm}}{\text{día}} \right)} = 14,05 \text{ días, es decir, 14 días.}$$

Esto significa que durante la fase productiva de la ahuyama (es decir, entre los 90 y los 120 días del cultivo) se debe estar aplicando, cada vez que se riega, una lámina de agua de 38,5 mm, cada 14 días, y que se almacenará a una profundidad en el suelo de 60 cm.

Tiempo de riego (TR)

Para determinar el tiempo de riego, es necesario conocer la pluviometría del aspersor, la cual es suministrada por el fabricante en las especificaciones

técnicas del aplicador (aspersor). También se necesita conocer la lámina a aplicar. La ecuación que se usa para esto es:

$$TR = \frac{Lb}{Va}$$

Para la aplicación, se tiene que Lb es la LARA bruta (LARAb) y que Va es la pluviometría o velocidad de aplicación de agua del aspersor.

En nuestro caso, tenemos la LARA bruta para cada fase y utilizaremos la pluviometría de un aspersor comercial. Las LARAb son:

LARA b_{20} = 14,9 mm

LARA b_{40} = 27,1 mm

LARA b_{60} = 38,5 mm

En el mercado, se puede conseguir una gran diversidad de aspersores según la necesidad que se tenga. Para nuestro ejemplo, tomamos un aspersor 2022SD, con las siguientes características: pluviometría de 5,3 mm/hora, presión de funcionamiento de 2,5 bares (bar), espaciamientos de hasta 12 × 12 m, caudal de 0,76 m³/hora y boquillas de 3 × 1,8 mm rojas.

Teniendo en cuenta lo anterior, el tiempo de riego para cada fase fisiológica sería:

Para la fase vegetativa:

$$TR = \frac{Lb}{Va}$$

Reemplazando los valores, tendríamos:

$$TR_{FV} = \frac{14,9 \text{ mm}}{5,3 \text{ mm/hora}} = 2,81 \text{ horas}$$

Esto significa que el aspersor debe funcionar durante 2 horas y 49 minutos para aplicar la lámina requerida (esto se debe hacer, según la frecuencia de riego, cada 9 días).

Por su parte, para la fase reproductiva:

$$TR = \frac{Lb}{Va}$$

Reemplazando los valores, tendríamos:

$$TR_{FR} = \frac{27,1 \text{ mm}}{5,3 \text{ mm/hora}} = 5,11 \text{ horas}$$

Esto significa que el aspersor debe funcionar durante 5 horas y 7 minutos para aplicar la lámina requerida (esto se debe hacer, según frecuencia de riego, cada 7 días).

Por último, para la fase productiva:

$$TR = \frac{Lb}{Va}$$

Reemplazando los valores, tendríamos:

$$TR_{FP} = \frac{38,5 \text{ mm}}{5,3 \text{ mm/hora}} = 7,26 \text{ horas}$$

Esto significa que el aspersor debe funcionar durante 7 horas y 16 minutos para aplicar la lámina requerida (esto se debe hacer, según frecuencia de riego, cada 14 días).

Operación del riego

Para este sistema de riego, la aplicación de agua se da de la siguiente forma: en el primer riego, al inicio de la campaña de riego, se aplica toda la lámina bruta de la primera fase del cultivo, es decir, 2,99 cm, lo que equivale a 29,9 mm. A

partir del segundo riego, y en lo sucesivo, se aplicará solo el 50 % de esa lámina, es decir, 1,49 cm, equivalentes a 14,9 mm. Esta aplicación se realiza cada 9 días hasta finalizar la fase vegetativa del cultivo (45 días). En la fase reproductiva (del día 46 al 90), se debe llevar el suelo a una lámina de agua de 5,42 cm, que equivalen a 54,2 mm, para lo que se debe hacer un riego que complemente los milímetros que están almacenados en el suelo. Luego de tener esta lámina almacenada, los siguientes riegos se harán con una lámina de 2,71 cm, es decir, 27,1 mm, cada 7 días, hasta terminar la fase reproductiva. En la fase productiva, el suelo debe almacenar una lámina de 7,69 cm, equivalentes a 76,9 mm; luego de tener esta condición, se hacen riegos con 3,85 cm, es decir, 38,5 mm, cada 14 días, hasta finalizar la fase, a los 120 días del cultivo. Esto se hace bajo condiciones de ausencia de lluvia y en las que toda el agua que el cultivo está recibiendo es producto de la aplicación del riego.

En el caso de que se presente lluvia, esta debe medirse mediante un pluviómetro, y como ya se sabe cuánta agua puede almacenar el suelo en sus tres horizontes muestreados, se determina si es necesario regar o no al saberse el requerimiento de agua diario de la planta. Para sistemas de riego por goteo y aspersión, existen en el mercado tecnologías muy prácticas y precisas que permiten monitorear la humedad del suelo. Algunas de estas tecnologías son los sensores de humedad que permiten conocer en tiempo real la humedad del suelo y, así, tomar la decisión sobre regar o no. Aún se siguen usando elementos como el tensiómetro que, aunque no es el más preciso, es una herramienta útil para tomar la decisión de regar. En la tabla 31 se encuentra una descripción sobre cómo se debe usar el tensiómetro y la interpretación de las lecturas de acuerdo con el tipo de suelo. Este equipo nos permite tomar la decisión de cuándo regar según la lectura que esté presentando.

Tensiómetro: método alternativo para la aplicación del riego

Otra forma de calcular la frecuencia de riego es mediante el uso de instrumentos que miden la humedad del suelo. Entre los instrumentos más utilizados, se encuentran los bloques de yeso, el procesador TDR y el tensiómetro; este último

es el más usado y económico (figura 19). Los tensiómetros se basan en la medida de la tensión del agua en el suelo, la cual indica el momento para regar y, con ello, para restablecer el nivel adecuado de humedad del suelo en la zona radicular del cultivo, antes de que ocurran pérdidas significativas de agua. A continuación, se describen de manera detallada los procesos de preparación, instalación y lectura de los tensiómetros, los cuales son fundamentales para su buen funcionamiento y uso en campo:

Preparación de los tensiómetros: Marouelli (2008) señala que se debe realizar el cebado del tensiómetro (retirar el aire presente en los poros de la cápsula porosa) y la reparación de posibles fugas (entradas de aire al interior tubo), ya que el equipo funciona con presión negativa (vacío). Así mismo, durante la preparación, instalación y mantenimiento del tensiómetro, se debe evitar el contacto directo de la cápsula porosa con las manos, ya que la grasa de estas puede reducir la mojabilidad de la cápsula y, con ello, alterar la lectura del tensiómetro. Las principales etapas para la preparación adecuada de los tensiómetros son:

1. Realizar una inspección visual de cada tensiómetro, observando que las conexiones de la cápsula, el vacuómetro y la tapa con el tubo no presenten problemas que permitan la entrada de aire.
2. Quitar la tapa del tensiómetro y llenar el tapón-tubo con agua, preferiblemente destilada.
3. Colocar el tensiómetro, sin la tapa, en un balde de agua durante dos días, de modo que la cápsula porosa quede sumergida totalmente. Aunque este procedimiento es normalmente suficiente para la saturación de la cápsula porosa, una verificación final se puede hacer con ayuda de una bomba de vacío. Una jeringa tipo hospitalario de ≥ 20 mililitros puede adaptarse para promover el vacío (figura 19). Así, con el tensiómetro dentro del balde, se debe completar el volumen del tubo con agua, acoplar la bomba a su extremo superior y promover un vacío de más o menos 70 kilopascales (kPa) hasta prácticamente cesar la subida de burbujas de aire por el tubo.
4. Completar el volumen del tubo con agua destilada y cerrar la tapa. Retirar el tensiómetro del balde con agua y colgarlo al aire libre para que el agua se evapore a través de la cápsula. Para acelerar el proceso de evaporación, se puede utilizar un ventilador.

5. Cuando el vacuómetro indique al menos 50 kPa, hay que sumergir la punta de cerámica en agua. En caso de que la lectura no caiga rápidamente en la franja entre 0 y 5 kPa, el tensiómetro debe ser revisado para eliminar posibles problemas de entrada de aire y debe ser probado de nuevo.

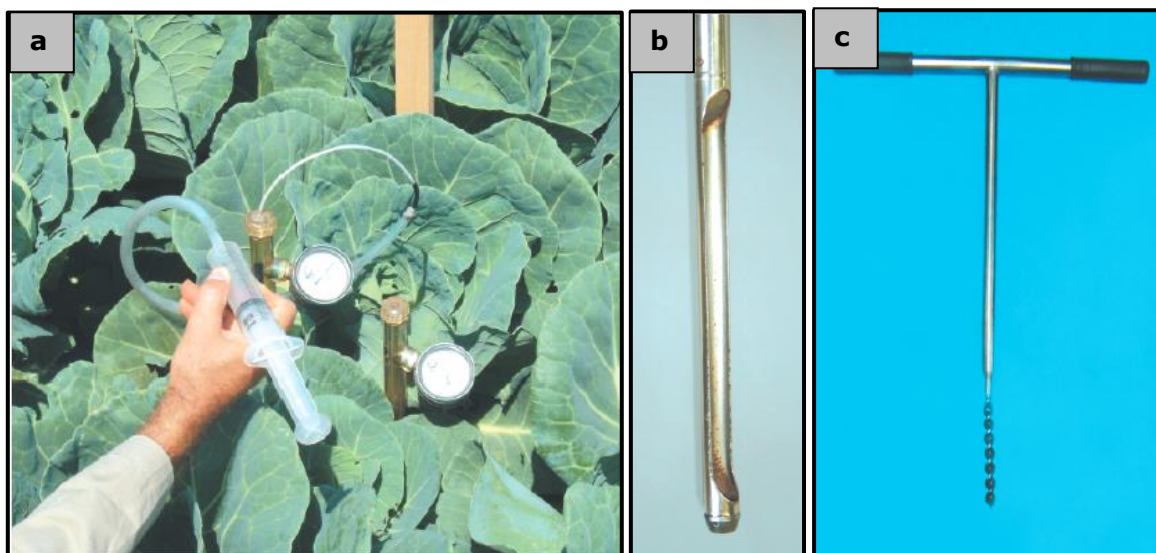
Instalación de los tensiómetros: los cuidados en la selección del sitio y en la instalación de los tensiómetros son importantes para que los datos de tensión obtenidos sean confiables. Se deben instalar en al menos tres puntos (estaciones de control) de una unidad de riego, la cual es un área continua, irrigada en un mismo día y cultivada por una misma hortaliza con la misma fase de desarrollo. Las estaciones de control deben quedar en sitios representativos de la unidad de riego, es decir, no deben instalarse en puntos donde el riego sea deficiente o se produzca encharcamiento ni en lugares sombreados o con plantas con problemas de crecimiento. Si el área presenta más de un tipo de suelo y no puede subdividirse en unidades distintas, las estaciones de control deberán colocarse en las partes donde predominen suelos más arenosos, pues será en ese tipo de suelo donde las plantas estarán sometidas primero a la falta de agua.

En cada estación de control, los tensiómetros deben instalarse en al menos dos profundidades: El primero, cerca del 50 % de la profundidad efectiva del sistema radicular, y el otro, en el límite inferior del sistema radicular. La profundidad efectiva es aquella en la que se concentra alrededor del 80 % de las raíces del cultivo. El tensiómetro de menor profundidad (superficial) se debe utilizar para saber el momento del riego, mientras que el más profundo permite evaluar si la lámina de agua aplicada en cada irrigación es excesiva o insuficiente. Para el caso de la ahuyama, el tensiómetro de menor profundidad se puede instalar entre los 20 y 30 cm, y el de mayor, entre los 50 y 60 cm. Ambos tensiómetros deben ser instalados lado a lado, en la línea de siembra del cultivo, a una distancia de entre 10 y 15 cm de la planta. En el caso de riego por goteo, se deben instalar a 10-15 cm del gotero. Para una instalación adecuada, Marouelli (2008) recomienda realizar los siguientes pasos:

1. Mantener inmersos en agua, hasta su instalación en campo, las puntas de cerámica y los tubos del tensiómetro, con el fin de que permanezcan saturados.

2. Realizar riego en el lote previamente a fin de contar con el suelo húmedo. Posteriormente, se realiza el hueco (usando un barreno o taladro) hasta la profundidad de instalación del tensiómetro y con un diámetro igual o ligeramente inferior al diámetro del tubo del tensiómetro, con el fin de obtener un perfecto contacto entre el tubo del tensiómetro y el suelo, lo que es fundamental para el buen funcionamiento del equipo.
3. Introducir el tensiómetro hasta el final del hueco, empujando firmemente con las manos de manera perpendicular. No se debe utilizar ningún tipo de martillo ni excesiva fuerza.
4. Comprimir ligeramente la superficie del suelo alrededor del tensiómetro con las manos.
5. Amontonar un poco de suelo (2-3 cm) alrededor del tubo del tensiómetro, a fin de evitar la acumulación de agua que pueda afectar las lecturas.
6. Retirar la tapa, acoplar la bomba de vacío manual al tensiómetro y succionar lentamente hasta que el vacuómetro indique aproximadamente 70 kPa. Dejar la bomba acoplada por 5-10 segundos o hasta que cese la subida de burbujas de aire. Puede que sea necesario repetir la operación una o dos veces más.
7. Completar el volumen de agua del tensiómetro y cerrar la tapa.
8. Colocar una estaca o un banderín de un metro de altura a unos 20 cm de los tensiómetros para que puedan ser visualizados fácilmente y para evitar que sean dañados por los operarios.

Finalmente, la lectura del tensiómetro en campo se realiza de acuerdo con las instrucciones descritas en la tabla 31.



Partes	Condiciones para su buen funcionamiento
	Tapa Que esté perfectamente cerrada
	Cámara de reserva Que esté llena de líquido
	Vacuómetro Hacer un control periódico
	Tubo-depósito Que no tenga aire en su interior
	Punta cerámica Que tenga buen contacto con el suelo y que esté bien saturada de agua

En general, el sistema tiene que estar lleno de agua, pues la mínima presencia de burbujas de aire altera su funcionamiento.

Figura 19. Tensiómetros. a. Verificación del tensiómetro mediante generación de vacío; b y c. Tipos de barrenos que se pueden usar para realizar los huecos donde se instalarán los tensiómetros; d. Descripción del tensiómetro.

Fuente: a b y c: Marouelli (2008); d. los autores.

Tabla 31. Interpretación de las lecturas del tensiómetro

Lectura (cbar o kPa)	Estado	Explicación/acción
0	Saturado	Estado de saturación para cualquier tipo de suelo; si la lectura persiste, indica problemas de drenaje fuertes y aireación pobre o un posible rompimiento de la columna de agua en el tubo con pérdida de la lectura.
5-10	Exceso	Exceso de humedad para el desarrollo de la planta; indica que el drenaje continúa; si la lectura persiste, indica drenaje pobre.
10-20	Capacidad de campo	Indica capacidad de campo para la mayoría de los suelos; aportaciones extra de agua se perderán por percolación con el consiguiente lavado de nutrientes. En suelos arenosos, con baja capacidad de retención de agua, se inicia el riego entre los 15 y 20 cbar, cuando son ocupados por cultivos sensibles al estrés hídrico.
20-30	Rango de inicio del riego	Buen nivel de agua disponible y de aireación en suelos de textura fina y media: no se requiere riego. En suelos arenosos, indica el rango para el inicio del riego.
30-40		Indica el riego para suelos de arena fina y para la mayoría de los suelos que están bajo riego por goteo.
40-60		Indica el inicio del riego para la mayoría de los suelos. En suelos francos, el riego inicia entre 40 y 50 cbar, mientras que en suelos arcillosos generalmente inicia entre 50 y 60 cbar. La decisión será influenciada por el estado de desarrollo del cultivo.
70	Seco	Inicia el rango de estrés, pero es posible que el cultivo aún no sufra daño. Los suelos arcillosos aún contienen agua disponible, pero no en niveles para un desarrollo máximo.
80		Rango máximo para la efectividad del tensiómetro. Lecturas mayores son posibles, pero la columna de agua del aparato puede romperse entre los 80 y 85 cbar, dependiendo de la lectura del instrumento con respecto al nivel del mar: a mayor altitud, menor es la lectura a la que se rompe la columna de agua.

cbar: centíbar; kPa: kilopascal; 1 cbar = 1 kPa

Fuente: Fuente (2006)

Capítulo VII

Prácticas agronómicas

La investigación y transferencia de tecnología para el cultivo de ahuyama en la región Caribe ha sido muy escasa. Por ello, AGROSAVIA realizó en el año 2017 un estudio sobre la tecnología local de producción, con el fin de determinar el nivel tecnológico de los cultivos de ahuyama en algunas de las zonas productoras más representativas de la región, identificar brechas tecnológicas del cultivo y orientar los recursos de investigación a resolver las principales problemáticas del sistema productivo. Los resultados de este estudio se detallan en la tabla 32.

A continuación, se describen las principales prácticas de manejo agronómico del cultivo.

Sistemas de siembra

En la región Caribe de Colombia, el cultivo de ahuyama tradicionalmente se siembra en monocultivo y en menor frecuencia en asocio con cultivos de maíz, yuca y algunos frutales y otras especies perennes. En el caso de los asociados con frutales y plantas perennes como cultivos principales, el fin es aprovechar los amplios espaciamientos entre árboles para el establecimiento de la ahuyama como cultivo secundario transitorio, debido a características de interés, como su ciclo corto, su rusticidad y su alta capacidad de cubrimiento del suelo, con lo cual se favorece al cultivo principal, con el control de malezas y la conservación de humedad del suelo, y, finalmente, a los productores, con ingresos económicos por la venta de la cosecha de la ahuyama durante los primeros años improductivos del cultivo principal (1-3 años dependiendo del cultivo principal) (figura 20).

Fecha de siembra

Bajo las condiciones del Caribe colombiano, el ciclo del cultivo de ahuyama se encuentra cerca de los 120 días, así mismo, los productores no disponen

generalmente de sistemas de riego para el cultivo, por lo que tradicionalmente optan por orientar sus fechas de siembra con las precipitaciones, de tal manera que el riego de los tres primeros meses sea suplido por las lluvias y que el último mes coincida con el periodo seco, a fin de minimizar las pérdidas de la producción por la pudrición de frutos ocasionada por excesos de humedad en el suelo.

Se recomienda la implementación de sistemas de riego y drenaje en el cultivo, a fin de realizar más de un ciclo al año, mejorar la expresión del potencial productivo del cultivo y atender la demanda del producto en los periodos de baja productividad del año, con miras a mejorar los precios de venta y, por ende, la rentabilidad del cultivo. En este sentido, se recomiendan los capítulos 7 y 12 de este libro para la implementación de sistemas de riego con criterios técnicos y de la información disponible de precios y abastecimiento como insumos para la planificación de las fechas de siembra.

Preparación del terreno

La preparación del terreno consiste en ejecutar las operaciones de campo necesarias para proporcionar las condiciones apropiadas para la óptima germinación de la semilla y el posterior desarrollo de las plantas. La preparación del suelo debe realizarse con base en sus propiedades físicas. Para ello, es necesario realizar una caracterización, con el fin de realizar un diagnóstico de su estado actual. Los análisis físicos sugeridos antes de la preparación corresponden a los de textura y densidad aparente, los cuales permiten identificar los posibles problemas físicos presentes en el suelo, como la compactación y la pérdida de estructura, que son limitantes para el buen desarrollo de las plantas. El análisis físico nos dará las bases para seleccionar el tipo de labranza que se requiere para preparar el suelo adecuadamente, con lo que se garantiza que exista un mayor porcentaje de germinación de la semilla, mejor desarrollo de las raíces de las plantas, un mejor espacio poroso del suelo y la infiltración y la incorporación de materia orgánica cuando esta se aplique. Los tipos de labranza sugeridos para el cultivo de ahuyama son la labranza mínima y la labranza cero; la primera consiste en realizar el menor número de labores en el suelo, pero garantizando una buena infiltración y buen drenaje,

mientas que la segunda radica en preparar únicamente el sitio donde se establecerán las semillas. La utilización de estos tipos de labranza permitirá reducir al máximo el deterioro físico del suelo. En la tabla 33 se relacionan los tipos de labranza que se pueden utilizar dependiendo de las características físicas del suelo. Así mismo, el cultivo es relativamente sensible a excesos de humedad en el suelo (encharcamiento), y por ende se recomienda que en la preparación de los suelos se incluyan drenajes, a fin minimizar los escenarios de encharcamiento, que favorecen la asfixia en la zona de las raíces y la pudrición de frutos (figura 21).

Tabla 32. Tecnología local de producción de grupos de agricultores de ahuyama (*Cucurbita moschata*) en zonas productoras del Caribe colombiano

	Estad.	GI	GII	GIII	GIV	GV
II. 1. Suelos						
Tipo de preparación	Md.	Manual	Mecanizado	No prepara	Mecanizado	Mecanizado
Análisis de suelos	Md.	No	No	No	No	Si
II. 2. Semilla						
Calidad	Md.	No certificada	No certificada	No certificada	No certificada	No certificada
Tipo	Md.	Seleccionada	Seleccionada	Seleccionada	Seleccionada	Seleccionada
II. 3. Siembra						
Fecha de siembra	Md.	Abr. – May – Oct.	Sep.	Mar. – Sep.	Dic. – Ene.	Nov. – Dic.
Densidad de siembra*	Md.	4 m x 4 m	8 m x 3 m	4 m x 4 m	4 m x 4 m	3 m x 3 m
Tipo de siembra	Md.	Siembra directa	Siembra directa	Siembra directa	Siembra directa	Siembra directa
Sistema de siembra	%	Monocultivo (63,6) Policultivo (36,4)	Monocultivo (86,7) Policultivo (13,3)	Monocultivo (100)	Monocultivo (52,9) Policultivo (47,1)	Monocultivo (90) Policultivo (10)
Ciclo del cultivo (días)	x	140	120	136	131	115
II. 4. Labores agrícolas						
Resiembra		100	87	91	82	70
Raleo		18	7	18	18	90
Aporque	%	18	13	18	0	40
Guiado de ramas		0	0	9	82	70
Retiro de desechos del cultivo		18	7	0	6	30
II. 5. Riego						
Sistema de riego		No riega (100)	No riega (66,7) Riego manual (26,7) Riego por goteo (6,6)	No usa sistema de riego (63,6) Riego manual (27,3) Riego por gravedad (9,1)	Riego manual (58,8) No riega (29,4) Riego por goteo (11,8)	No riega (50) Riego manual (30) Riego por gravedad (10) Riego por goteo (10)

Continúa

Continuación de tabla 32

Fuente de agua	%	Ninguna (54,5) Represa (45,5)	Ninguna (93,3) Pozo profundo (6,7)	Ninguna (63,6) Represa (18,2) Pozo profundo (18,2)	Ninguna (70,6) Pozo profundo (29,4)	Ninguna (70) Distrito de riego (20) Pozo profundo (10)
Análisis de aguas	Md.	No realiza	No realiza	No realiza	No realiza	No realiza
	Estd.	GI	GII	GIII	GIV	GV
II. 6. Manejo Integrado del Cultivo (MIC)						
Control de malezas	Md.	Químico y manual	Químico y manual	Químico y manual	Químico y manual	Químico y manual
Fertilización	%	Química (90,9) No fertiliza (9,1)	Química (93,3) No fertiliza (6,7)	Química (54,5) No fertiliza (36,4) Fertilización mixta (9,1)	Química (94,1) No fertiliza (5,9)	Química (90) Fertilización orgánica (10)
Control de plagas	%	Químico (100)	Químico (100)	Químico (100)	Químico (100)	Químico (100)
Control de enfermedades	%	Químico (81,8) No controla (18,2)	No controla (93,3) Químico (6,7)	No controla (81,8) Químico (18,2)	No controla (70,6) Químico (29,4)	Químico (90) controla mixto (10)
II. 7. Infraestructura BPA						
Área de preparación de agroquímicos		27,3	6,7	0,0	0,0	20,0
Bodega de almacenamiento de agroquímicos		72,7	33,3	0,0	0,0	10,0
Duchas y baños	%	0,0	6,7	0,0	0,0	10,0
Caseta de almacenamiento de envases		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Área de recepción y acondicionamiento de cosecha		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ninguna		27,3	53,3	100,0	100,0	80,0
II. 8. Labores postcosecha						
Clasificación	%	100,0	73,3	63,6	58,8	100,0
Lavado		0,0	0,0	9,1	0,0	30,0

Continúa

Secado	0,0	0,0	0,0	0,0	20,0
Empaque	36,4	0,0	63,6	11,8	40,0
Almacenamiento	18,2	6,7	45,5	35,3	20,0
Ninguna	0,0	20,0	27,3	35,3	0,0

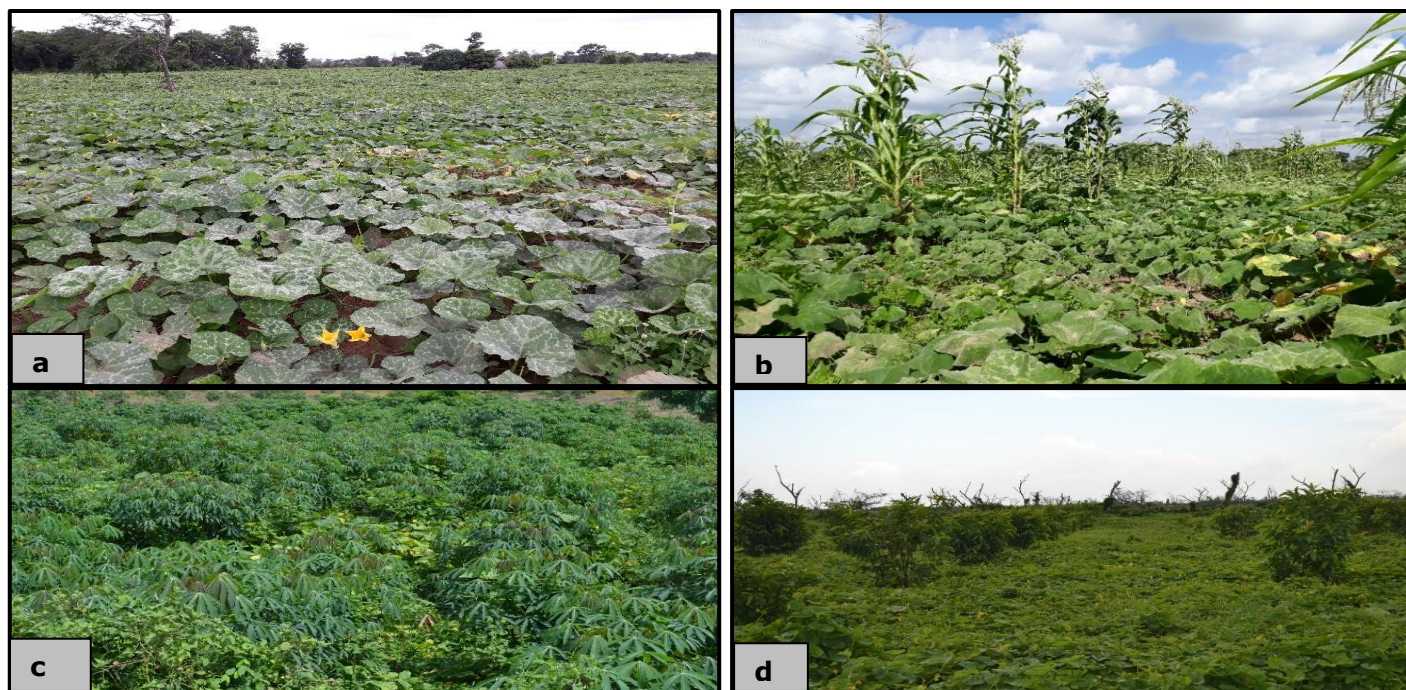
Estd.: estadístico; **$\bar{x}$** : media; **Md.:** moda; **GI, GII, GIII, GIV y GV:** grupos de agricultores determinados mediante análisis multivariado (distancia de Gower y agrupamiento jerárquico de Ward). *distancia entre surcos y plantas respectivamente.

Fuente: Orozco et al. (2019).

Tabla 33. Relación general entre densidad aparente del suelo y crecimiento radicular con base en la textura del suelo

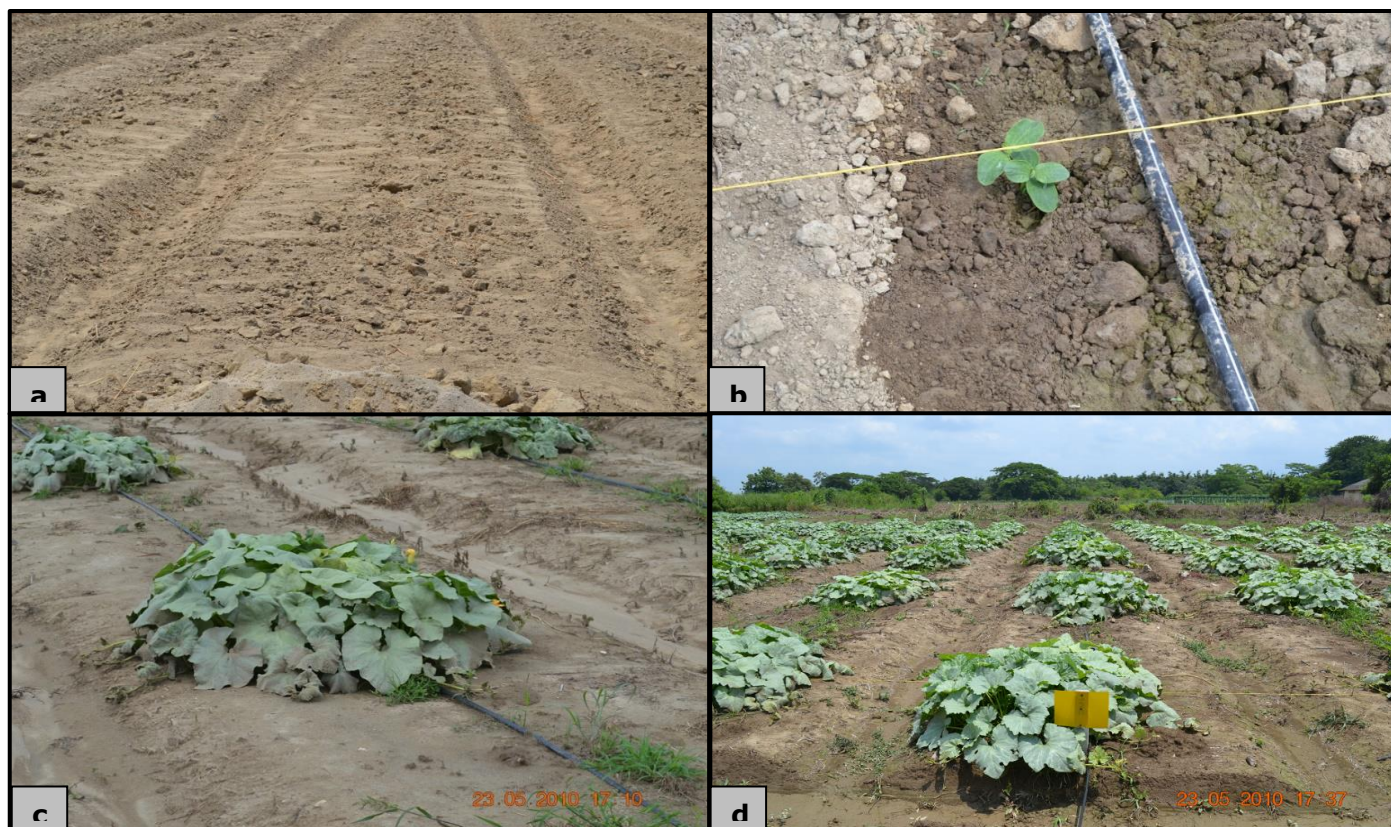
Textura del suelo	Densidades aparentes ideales (g/cm ³)	Densidades aparentes que pueden afectar el crecimiento radicular (g/cm ³)	Densidades aparentes que restringen el crecimiento radicular (g/cm ³)
Arena (A) y arena franca (AF)	< 1,60	1,69	> 1,80
Franca (F) y franco-arenosa (FA)	< 1,40	1,63	> 1,80
Franco-arcillosa (FAr) y franco-arcillo-arenosa (FArA)	< 1,40	1,60	> 1,75
Franco-limosa (FL) y franco-arcillo-limosa (FArL)	< 1,30	1,60	> 1,75
Arcillo-arenosa (ArA), arcillo-limosa (ArL) y algunas franco-arcillosas (35-45 % de arcilla)	< 1,10	1,39	> 1,58
Arcillosa (> 45 % de arcilla)	< 1,10	1,39	> 1,47
Recomendación de labranza con base en los resultados del análisis físico de suelos	Labranza cero (preparación del sitio de siembra) y labranza reducida (dos pases de arado de discos y dos pases de rastrillo)	Labranza mínima (tres pases de arado de vertedera y dos pases de rastrillo)	Labranza primaria (dos arados de cincel rígido o vibratorio, dos pases de arado de discos y dos pases de rastrillo)

Fuente: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) (1999)



Fuente: Elaboración propia

Figura 20. Sistemas de siembra. a. Monocultivo; b. Asociado con maíz; c. Asociado con yuca; d. Asociado con guayaba.



Fuente: Elaboración propia

Figura 21. Preparación del terreno. a. Adecuación del terreno con drenajes; b. Trazado, riego y emergencia de plántulas; c. Rápido drenaje del lote posterior a una lluvia intensa; d. Vigor del cultivo de ahuyama con preparación de suelos e implementación de riego y drenaje

Siembra

En sistemas de monocultivo se recomienda, con base en resultados de investigación de AGROSAVIA, usar distancias de siembra de 3 m entre surcos y de 2 m entre plantas, lo que representa una densidad de población de 1.666 plantas por hectárea (tabla 34). Para una correcta siembra, se deben realizar los siguientes pasos:

- Preparar el terreno con base en los resultados del análisis físico de suelos (tabla 33).
- Previamente, humedecer el terreno hasta capacidad de campo, lo que permitirá que la semilla se entierre fácilmente, ya que generalmente se realiza siembra directa.
- Realizar trazado en el terreno, con lo que se garantizará la implementación de la densidad de siembra deseada.
- Sembrar entre tres y cuatro semillas por sitio a una profundidad no mayor a un centímetro. Para ello, la semilla se orienta con el micrópilo (es decir, la parte puntiaguda) hacia abajo, lo que facilita la emergencia de las plántulas (figura 22).
- Otra opción consiste en realizar semilleros en vasos de ocho onzas utilizando como sustrato compost y suelo, en una proporción de 1:1, y trasplantarlos posteriormente a campo cuando las plántulas presenten al menos dos hojas verdaderas.

Labores culturales

Raleo: una vez las plántulas han emergido y presentado al menos tres hojas verdaderas, se recomienda realizar un raleo, es decir, dejar solamente una planta por sitio, aquella que presente mayor vigor; con ello, se pretende evitar la competencia intraespecífica entre las plantas y, así, mejorar el microambiente del sitio de siembra en términos de disponibilidad de agua, nutrientes, espacio y luz, con el objeto de generar las condiciones que le permitan a la planta expresar su potencial productivo (figura 23).

Guiado: como práctica complementaria al raleo, se recomienda realizarles un guiado a los tallos secundarios (guías). Esta labor consiste en enrollar o dirigir

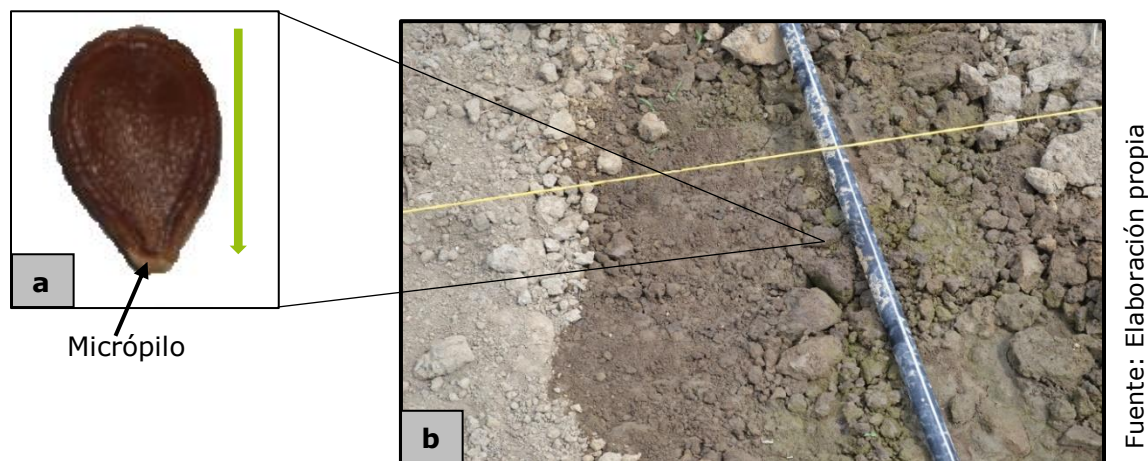
las guías sobre el perímetro exterior de la planta y se realiza entre dos y tres veces por semana, dependiendo del vigor y la cantidad de guías emitidas. El momento óptimo del guiado es antes de que las raíces adventicias de los nudos de las guías se hayan anclado al suelo (figura 23). Con esta labor se busca: 1) un mínimo traslape entre plantas, lo que minimiza los efectos de la competencia intraespecífica, 2) favorecer la realización de labores como la aplicación de agroinsumos y el control de maleza manual, 3) identificar plantas con mayor productividad que podrían ser seleccionadas como fuentes de semillas para los próximos cultivos e 4) identificar plantas con problemas fitosanitarios que pueden servir como foco de plagas y enfermedades al resto del cultivo.

Alzado de frutos: esta labor se realiza con el fin de minimizar las pérdidas de producción por pudriciones o deterioro del fruto al estar en contacto directo con el suelo húmedo. Se recomienda realizar esta labor principalmente cuando las lluvias coincidan con el periodo de formación de los frutos y en precosecha. El alzado de frutos consiste en colocarles una base, para lo que se utilizan materiales de bajo costo y de fácil obtención en la zona, como guadua, por ejemplo (figura 24).

Tabla 34. Distancias de siembra, poblaciones y rendimiento esperado en cultivares regionales de ahuyama

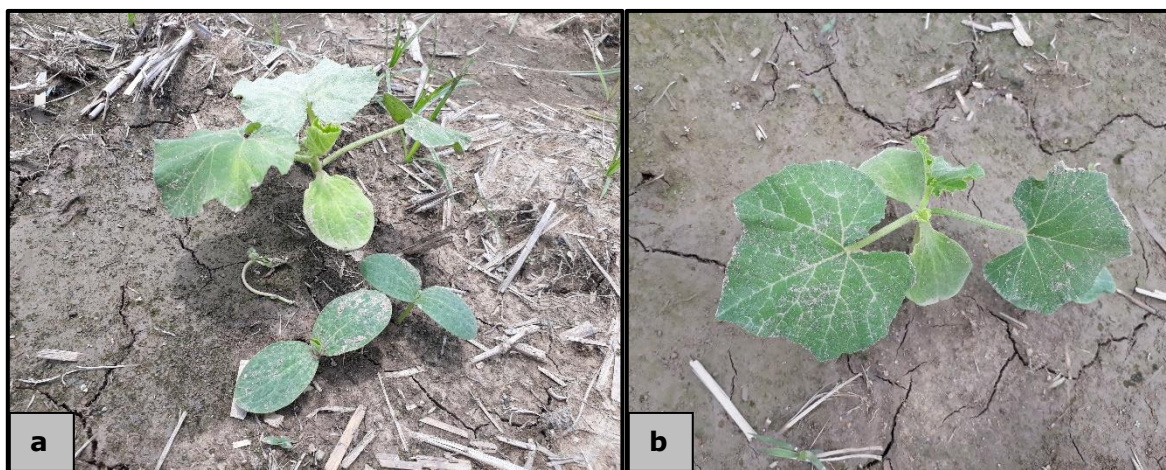
Distancia de siembra (m)		Población (plantas/ha)	Producción/planta (kg)	Rendimiento (t/ha)
Entre surcos	Entre plantas			
3	2	1.666	9,7	16,2
3	3	1.111	10,1	11,3
4	3	833	12,5	10,4
4	4	625	15,2	9,5

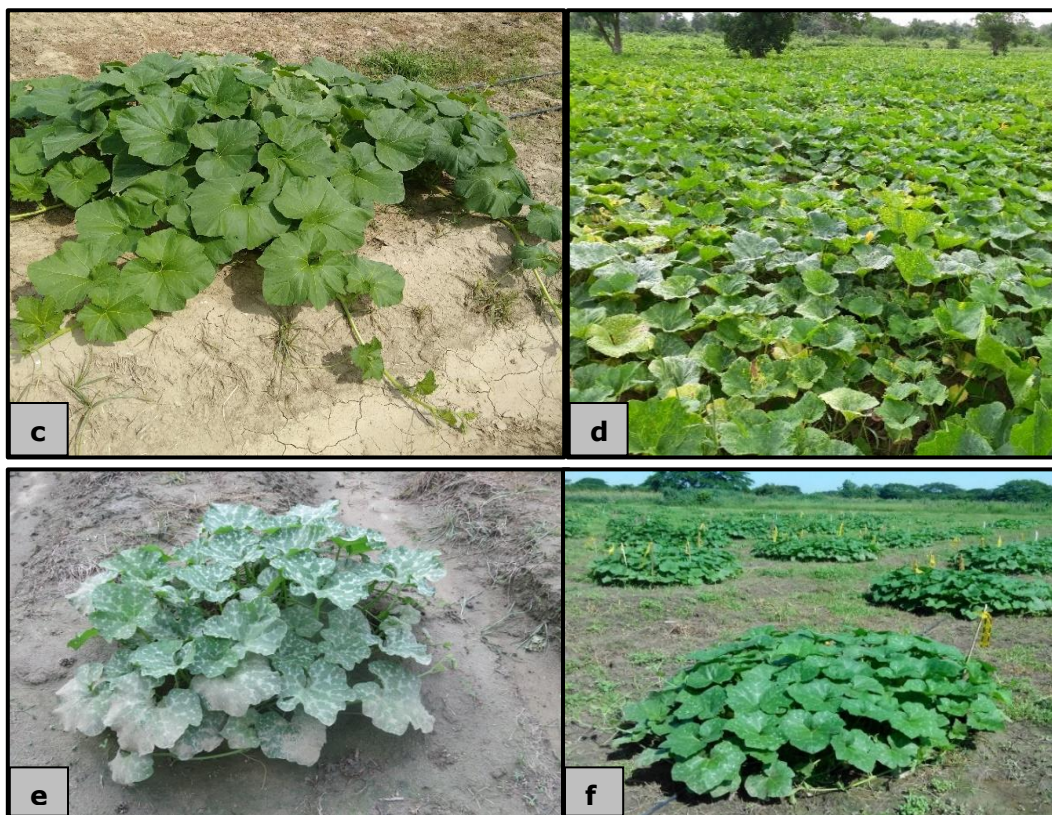
Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 22. Siembra de la semilla en campo. a. la flecha en rojo indica la orientación de la semilla para la siembra; b. Condiciones óptimas para la siembra: sitio de siembra a capacidad de campo y lote trazado.





Fuente: Elaboración propia

Figura 23. Raleo y guiado de tallos secundarios. a. Condición para el raleo; b. Planta seleccionada en el raleo; c y d. Planta y cultivo sin guiado de tallos secundarios; e y f. Planta y cultivo con guiado de tallos secundarios.



Fuente: Elaboración propia

Figura 24. Alzado de frutos. a. Condición de encharcamiento en cultivo de ahuyama; b. Planta de ahuyama afectada por exceso de humedad en el suelo; c. Pudrición del fruto por estar en contacto con suelo con alta humedad; d y e. Cultivo con canales de drenaje y alzado de frutos.

Capítulo IX

Manejo de malezas

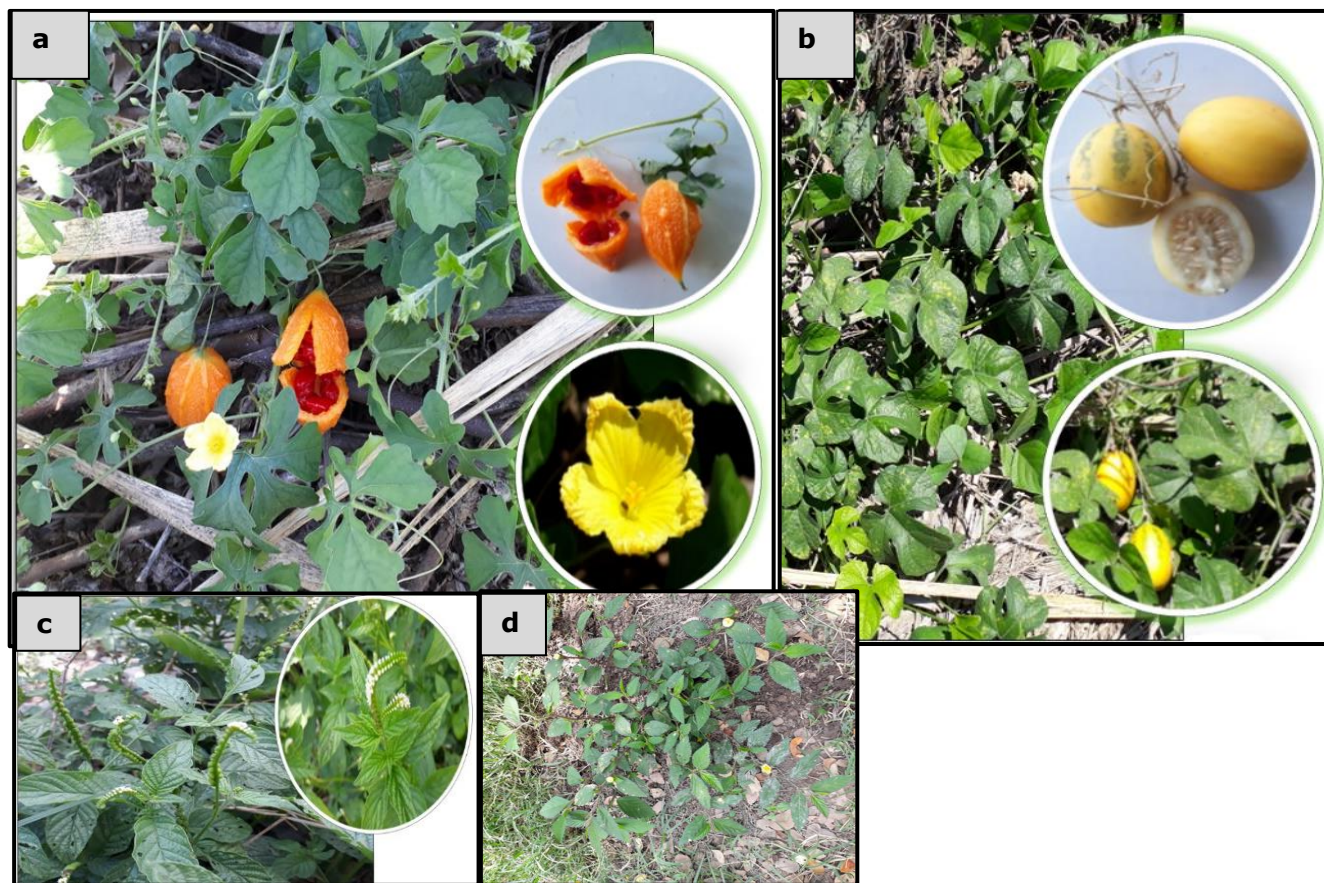
Los daños ocasionados por las plagas, así como los signos y síntomas de las enfermedades en las plantas, son evidencias inequívocas que los agricultores asocian con efectos negativos para el cultivo y, por consiguiente, con pérdidas en el rendimiento. Sin embargo, en el caso de las malezas (arvenses), sus efectos negativos sobre las plantas son muchas veces imperceptibles para los productores, por lo que frecuentemente los controles se realizan sobre malezas en prefloración y floración, lo que constituye una medida tardía que se traduce en reducción del rendimiento. Para la región Caribe, se ha determinado que el control de malezas en el cultivo de ahuyama representa entre el 13,6 y el 31,3 % de los costos de producción (tablas 44-47).

Los efectos negativos que causan las malezas sobre los cultivos se dan, principalmente, según su orden de importancia: 1) por competencia, 2) por ser hospederas de plagas y enfermedades y 3) por alelopatía. En el primer caso, la competencia es esencialmente por agua, nutrientes del suelo, luz y espacio, es decir, por los factores fundamentales del crecimiento y desarrollo de los vegetales. El segundo factor hace referencia a que algunas malezas comparten las mismas plagas y enfermedades con el cultivo, por lo que es necesario realizar controles sobre estas malezas a fin de eliminar potenciales focos de infestación e infección. Como ejemplo, Sánchez, Agüero y Rivera (1998) y Páez (2003) reportan que malezas como la escobilla (*Sida rhombifolia*), los bejuquillos (*Ipomoea* spp.), el meloncillo de golero (*Cucumis* spp.), el romerillo (*Tridax procumbens*) y la balsamina (*Momordica* spp.), presentes en regiones tropicales, se encuentran reportadas como plantas hospederas de las especies virales *papaya ring spot virus* (PRSV), *watermelon mosaic virus type 2* (WMV-2), *cucumber mosaic virus* (CMV) y *zucchini yellow mosaic virus* (ZYMV), las cuales afectan diferentes especies de cucurbitáceas, como el melón, la sandía, el pepino y la ahuyama (figuras 25 y 26). Finalmente, la alelopatía, como tercer factor, corresponde a compuestos bioquímicos liberados por las malezas que afectan negativamente el crecimiento y desarrollo de las plantas de cultivo; al respecto, especies de malezas del género verbena (*Verbena* spp.); gramíneas, como la

paja peluda (*Rottboellia* spp.) y la guarda rocío (*Digitaria* spp.); ciperáceas, como el coquito (*Cyperus rotundus*), y leguminosas, como el palo de zorrillo (*Senna obtusifolia*) y el amor seco (*Desmodium* spp.), presentes en regiones tropicales, han sido reportadas como malezas con potenciales efectos alelopáticos por generar compuestos químicos o lixiviados a base de cumarinas, fenoles, terpenos, alcaloides, taninos, saponinas y quinonas, entre otros, que inhiben el desarrollo de otras plantas que se encuentren a su alrededor (Arévalo, Bertoncini, Aranda, & González, 2011; Arévalo, Salgado, Bertoncini, & Aranda, 2012; Cárdenas, 2014; Giardini et al., 2018).

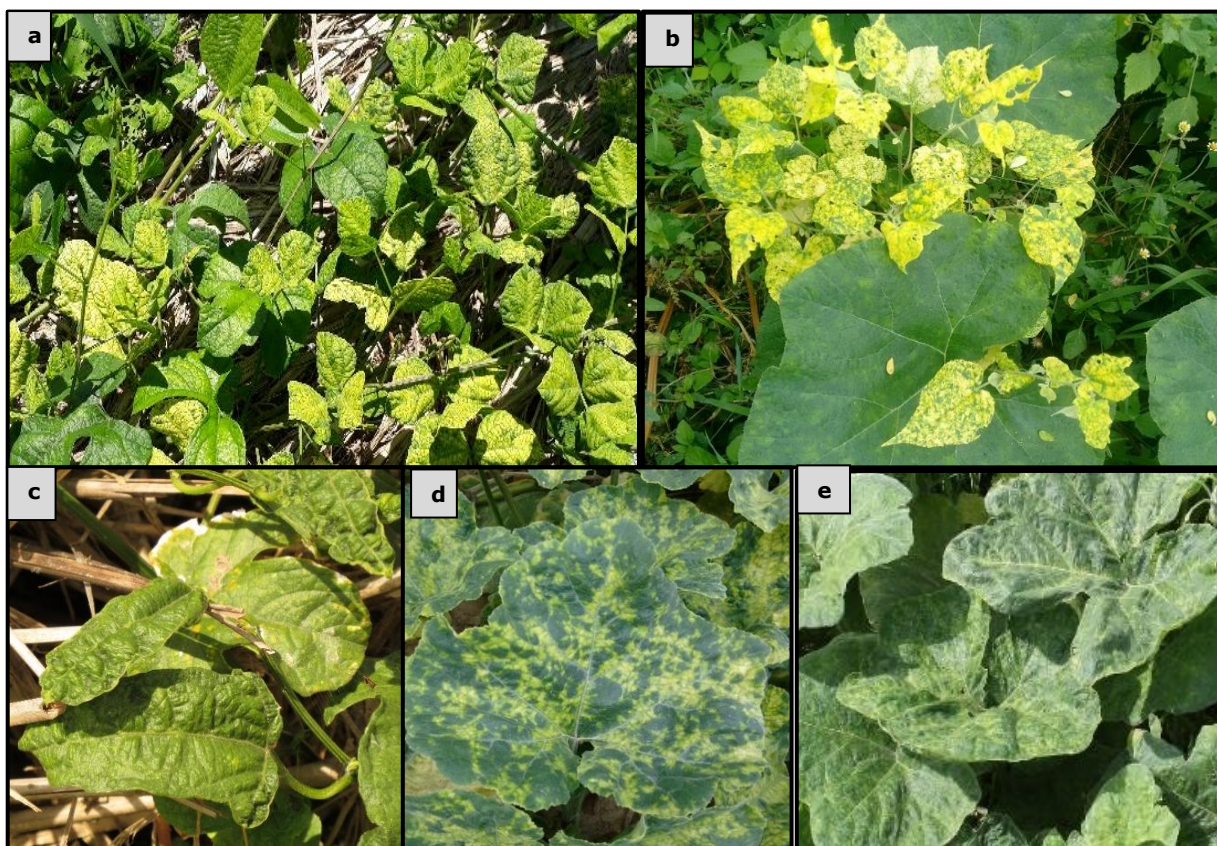
El periodo crítico de competencia de malezas indica la duración posible en la cual la presencia de malezas causa una disminución significativa del rendimiento potencial del cultivo (Leguizamón, 2012). Para el cultivo de ahuyama se reportan, como periodo crítico, los primeros 30 días después de la emergencia de este (Vallejo & Estrada, 2004). Para un manejo integral de las malezas en los lotes del cultivo, es necesario planear y ejecutar acciones que reduzcan el banco de semillas en los terrenos y que minimicen los escenarios de su incremento. Algunas de las recomendaciones generales para tal fin son:

- Limpiar la maquinaria agrícola antes de llevarla al lote del cultivo, con el fin de evitar la entrada de semillas o de partes vegetativas de malezas que incrementen la cantidad y la diversidad de especies de malezas dentro del lote.
- Antes de la siembra, aplicar riego al lote con el fin de que germinen y emerjan las malezas para posteriormente realizar un control químico con herbicidas no selectivos.
- Debido a que la ahuyama es altamente susceptible a la fitotoxicidad por herbicidas (al igual que otras cucurbitáceas), se recomienda, en la posemergencia del cultivo y durante el periodo crítico de competencia, realizarles plateo mecánico (con machete) a las plantas en un radio de al menos 100 cm (figura 27) y controlar las malezas emergentes fuera del radio de plateo y entre las calles con herbicidas principalmente de contacto.
- Realizar rotaciones de lotes de siembra, preferiblemente con leguminosas, para ser incorporados al suelo como abono verde.



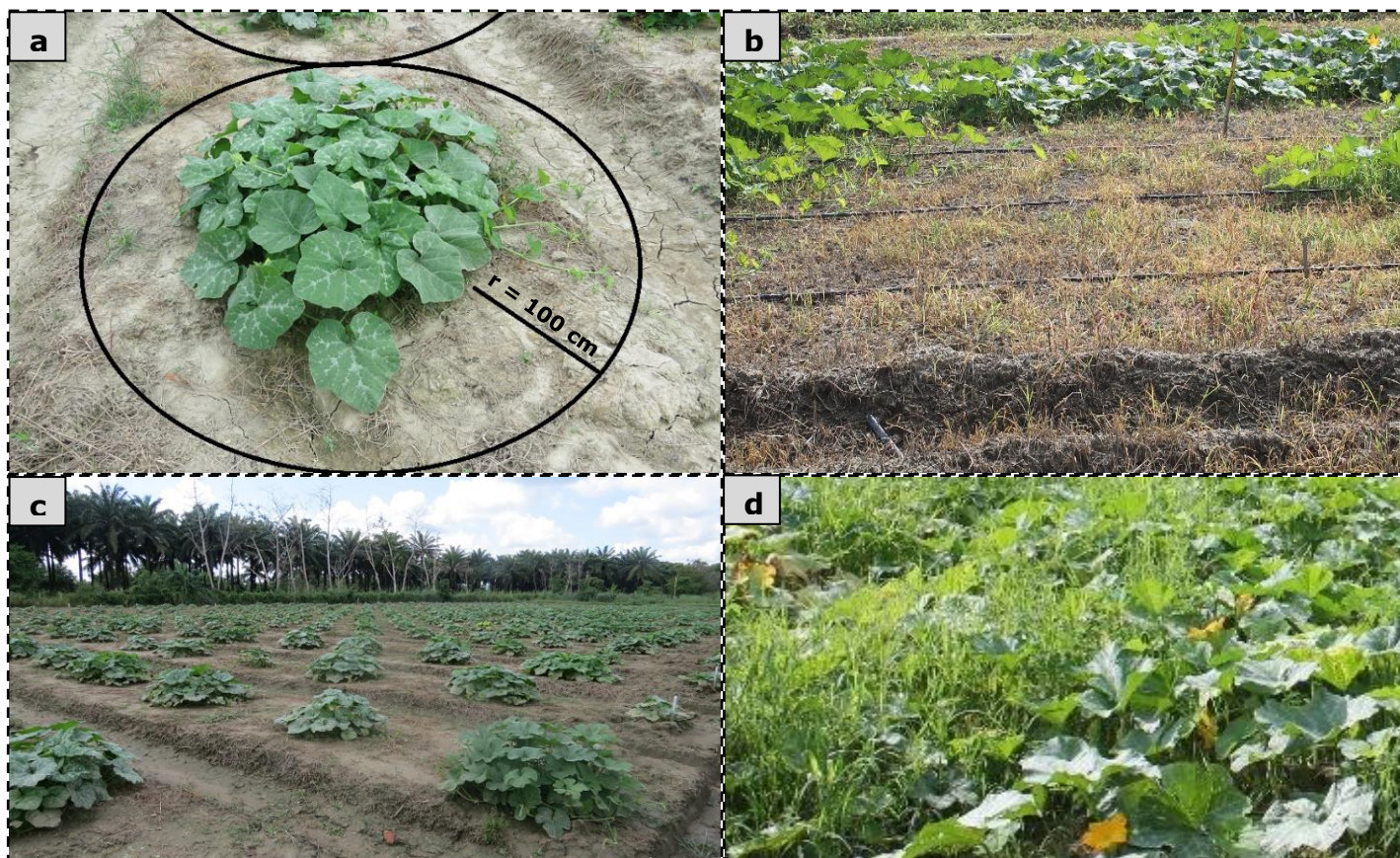
Fuente: Gabriel Silva, AGROSAVIA, 2018

Figura 25. Malezas comunes en cultivos de ahuyama. a. Balsamina (*Momordica* spp.); b. Meloncillo de golero (*Cucumis* spp.); c. Verbena (*Verbena* spp.); d. Escobilla (*Sida rhombifolia*).



Fuente: Gabriel Silva, AGROSAVIA, 2018

Figura 26. Malezas con posibles síntomas de fitovirus. a, b y c. Ejemplo de algunas especies comunes de malezas en cultivos de ahuyama con posibles síntomas de fitovirus; d y e. Plantas de ahuyama con sintomatología asociada a fitovirus (clorosis, deformación foliar, mosaico y acorchamiento)



Fuente: Elaboración propia

Figura 27. Control de malezas en cultivo de ahuyama. a. Radio de plateo (con machete); b. Control químico de malezas en área fuera del radio de plateo; c. Cultivo de ahuyama con manejo adecuado de malezas; d. Cultivo de ahuyama con manejo ineficiente de malezas.

Capítulo X

Manejo integrado de plagas y enfermedades (MIPE)

Las cucurbitáceas se ven afectadas por una serie de enfermedades cuyos síntomas se pueden observar en hojas, tallos, flores y frutos. Según la severidad e incidencia de la enfermedad, la etapa fenológica en la que se presenta y las prácticas de manejo y control empleadas, es posible que se dé la afectación total de los órganos y pudrición de los frutos, así como que estos no se formen. Entre las enfermedades encontradas con mayor frecuencia en la región Caribe colombiana para el cultivo de ahuyama, se encuentran las asociadas a virus, el mildiu vellosa, causado por un oomiceto (pseudohongo), y la antracnosis y la alternariosis, causadas por hongos verdaderos. Otras patologías de importancia que afectan el establecimiento y desarrollo del cultivo son aquellas que generan la marchitez de las plantas, bien sea por pudrición de raíces o del cuello de la planta o por daños de los órganos aéreos.

Principales patologías

A continuación, se presenta un resumen de las principales enfermedades que atacan a las cucurbitáceas en la región Caribe colombiana: se indica la descripción, los síntomas, la mejor forma de monitorearlas y el manejo que se les debe dar.

Enfermedades virales

Descripción: En general, las cucurbitáceas son atacadas por Cucumovirus, Potyvirus y Begomovirus. Las especies reportadas en la región Caribe son: *cucumber mosaic virus* (CMV) y *tobacco mosaic virus* (TMV), que generan mosaicos, y especies no identificadas de Begomovirus que son transmitidas por la mosca blanca (*Bemisia tabaci* [Gennadius]). Además de afectar cucurbitáceas, estos virus se han encontrado en arvenses y otras especies cultivables de diferentes familias.

Síntomas y daño: La enfermedad puede presentarse en todas las etapas fenológicas del cultivo. Los síntomas corresponden a diferentes patrones cloróticos (mosaicos) en las láminas foliares, así como a su deformación, y se observa formación de burbujas y engrosamiento de las nervaduras, plantas de menor tamaño respecto a las plantas sanas y formación de tumores en los frutos (figura 28).

Monitoreo: Se debe recorrer la totalidad del cultivo, regularmente, en búsqueda de plantas afectadas para erradicar la enfermedad oportunamente.

Manejo: Algunas recomendaciones para el manejo de enfermedades son:

- emplear variedades tolerantes o resistentes;
- utilizar semilla certificada o procedente de cultivos libres de patologías asociadas a virus y otras enfermedades que puedan ser transmitidas a través de las semillas;
- aplicar medidas de manejo y control de insectos vectores;
- erradicar otras especies que sean hospedantes de virus o insectos vectores;
- evitar sembrar cerca de otros cultivos hospederos de virus e insectos vectores;
- prohibir el consumo de cigarrillo y tabaco durante las labores, pues estos residuos podrían contener partículas virales que sirven como fuente de infección en el cultivo;
- fomentar el lavado constante de las manos con agua y jabón para disminuir la carga microbiana que se introduce y se mueve en el cultivo;
- desinfectar las herramientas con hipoclorito de sodio al 1 % de una planta a otra y al finalizar labores, y
- erradicar las plantas sintomáticas introduciéndolas dentro de un saco o una bolsa, para evitar dispersar partes de la planta al interior del cultivo, y posteriormente incinerarlas.

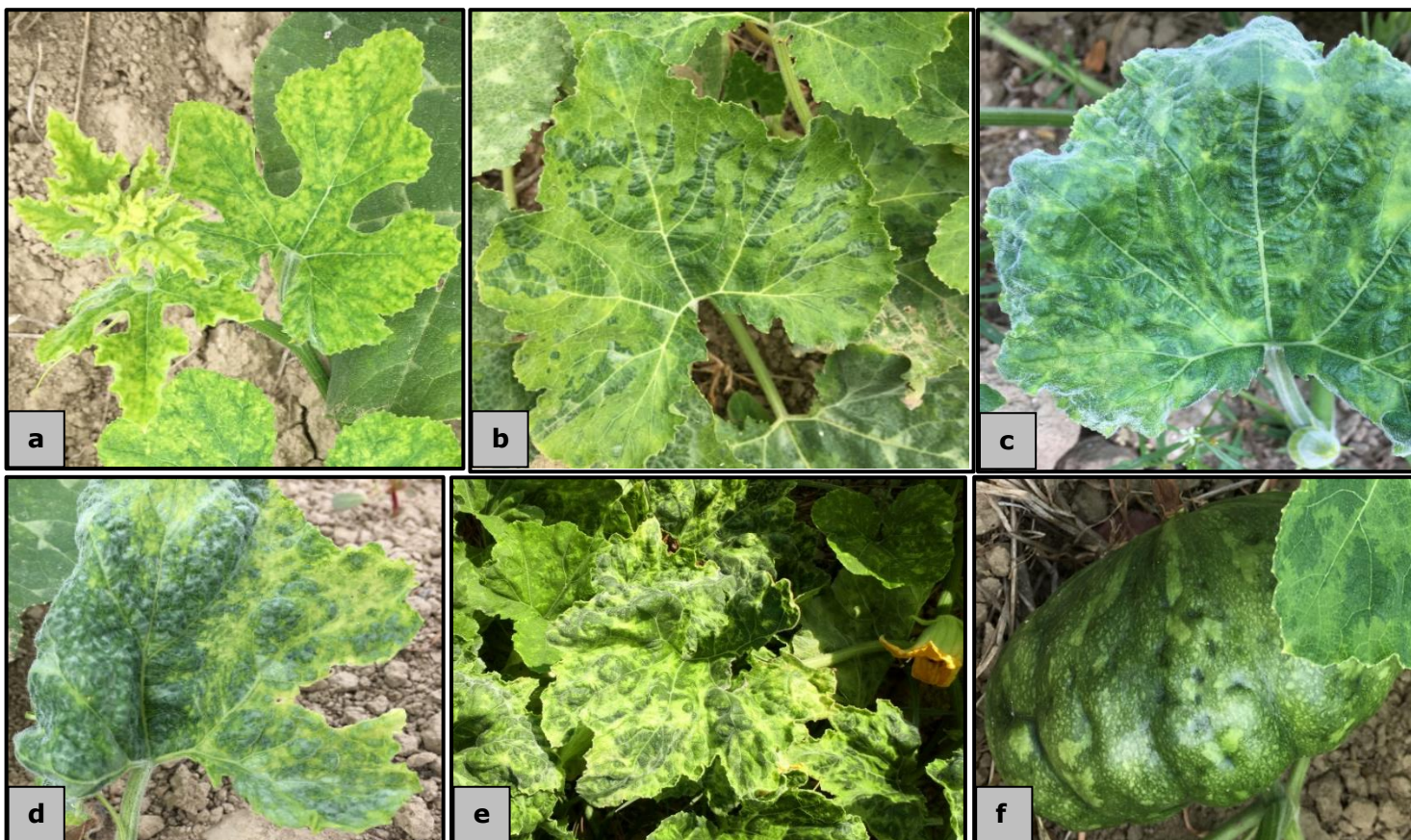


Figura 28. Virosis en ahuyama. a. Clorosis intervenal; b. Mosaico foliar; c, d y e. Deformación de láminas foliares por formación de burbujas o ampollas; f. Deformación del fruto.

Fuente: Gloria Castillo Urquiza

Mildiu velloso (*Pseudoperonospora cubensis* [Berkeley & Curtis] Rostovtsev)

Descripción: *P. cubensis* es un patógeno obligado, es decir, que requiere que su hospedante esté vivo para cumplir su ciclo de vida, afecta 40 especies en 20 géneros de la familia Cucurbitaceae y es diseminado entre plantas por la salpicadura del agua cuando llueve o por el empleo de sistemas de riego por aspersión; por el viento, principalmente en las horas de la mañana, y por la acción mecánica de quienes transitan al interior del cultivo, que pueden ser insectos, animales o el hombre. Además, las altas humedades relativas, mayores al 90 %, el agua libre sobre las hojas y los cambios bruscos de temperatura entre el día y la noche favorecen su aparición.

Epidemiología: Bajo condiciones de alta humedad relativa y con agua libre sobre las láminas foliares, el patógeno expulsa las zoosporas del esporangio, las cuales corresponden a estructuras reproductivas móviles que penetran a través de los estomas después de su germinación y enquistamiento. Estas colonizan el hospedante expandiendo su micelio entre los espacios intercelulares y penetran, posteriormente, las células de la hoja. Si bien en otros países se ha observado la formación de oosporas, no se ha demostrado que estas le sirvan al patógeno como estructuras de supervivencia en los periodos de ausencia del hospedante.

Síntomas y daño: La enfermedad puede presentarse en todas las etapas fenológicas del cultivo, pero es más común posteriormente a la floración. Es común observar los primeros síntomas en las láminas foliares internas de la planta (hojas viejas), con un posterior avance hacia las hojas externas. Los síntomas corresponden a manchas cloróticas angulares limitadas por las nervaduras y se pueden observar en ambas caras de la lámina foliar, entre 3 y 12 días después de la infección, según las condiciones ambientales; en el envés, en periodos de alta humedad relativa, mayores al 90 %, generalmente en las primeras horas de la mañana, es posible observar, además, un micelio algodonoso grisáceo, entre 4 y 12 días después de la infección, según las condiciones ambientales (figura 29). Cuando las manchas se unen, el área se necrosa, según la severidad de la enfermedad, y se seca la totalidad del follaje.

Con la pérdida de hojas, los frutos quedan expuestos al sol, por lo que es común observar el aumento de la incidencia de frutos con golpe de sol y disminución en las tasas de crecimiento y productividad, debido a la reducida área fotosintéticamente activa.

Monitoreo: Se debe recorrer el cultivo regularmente en zigzag en búsqueda de plantas afectadas, iniciando los recorridos desde diferentes puntos del lote. Este recorrido debe realizarse en las primeras horas de la mañana, cuando la humedad relativa alcanza sus valores máximos, cercanos al 100 %, y la temperatura no ha sobrepasado los valores medios diarios, 27°C, ya que bajo estas condiciones climáticas es posible observar los signos del patógeno en el envés de las hojas y confirmar su ataque en el cultivo.

Manejo: Se deben emplear variedades tolerantes o resistentes. Para la germinación de las semillas, se puede agregar *Trichoderma* sp. al sitio de siembra como método preventivo de establecimiento de patógenos del suelo y de activación de mecanismos de defensa de la planta. Este hongo también puede ser aplicado repetidas veces al suelo durante el desarrollo del cultivo: semanalmente, durante el primer mes después de siembra, y posteriormente, cada quince días. Además, se debe preparar el suelo, sembrar sobre camellones y establecer un sistema de riego por goteo y drenajes. Otras recomendaciones son:

- usar densidades de siembra moderadas y controlar otras especies, con el propósito de evitar altas humedades relativas al interior del cultivo;
- retirar las láminas foliares afectadas introduciéndolas dentro de un saco o una bolsa, para evitar dispersar partes de la planta al interior del cultivo, y posteriormente compostarlas, enterrarlas o incinerarlas;
- desinfectar las herramientas con hipoclorito de sodio al 1 % mientras se va de una planta a otra y al finalizar labores;
- eliminar o incorporar los residuos de las plantas al finalizar el ciclo productivo del cultivo para disminuir el inóculo potencial para plantaciones posteriores; y, como última opción,
- aplicar fungicidas cuando las condiciones ambientales sean favorables al desarrollo de la enfermedad, alternando ingredientes activos y grupos químicos para evitar el desarrollo de resistencia.

Antracnosis (*Colletotrichum orbiculare* [Berk.] Arx [syn. *Colletotrichum lagenarium* (Pass.) Ellis & Halst.]

Descripción: La antracnosis afecta todas las cucurbitáceas, pero la ahuyama es una de las especies menos susceptible. Como con la enfermedad anterior, esta es diseminada entre plantas por la salpicadura del agua cuando llueve o por el empleo de sistemas de riego por aspersión, por el viento y por la acción mecánica de quienes transitan al interior del cultivo (insectos, animales o personas). Igualmente, altas humedades relativas, mayores al 90 %, lluvias frecuentes y periodos cálidos, de temperaturas medias diarias cerca de los 27 °C, favorecen su aparición.

Epidemiología: Bajo condiciones de alta humedad relativa, agua libre sobre las láminas foliares y temperaturas entre 20 y 32 °C, las conidias germinan y penetran por acción mecánica, proceso que toma aproximadamente tres días; posteriormente, los tejidos de las plantas mueren, el hongo esporula y el ciclo se repite. En ausencia de plantas hospedantes, el patógeno puede sobrevivir hasta dos años, como micelio, sobre residuos vegetales expuestos o enterrados y sobre las semillas o dentro de estas.

Síntomas y daño: La enfermedad puede presentarse a partir de la formación de las guías y en el desarrollo del follaje, pero es más fuerte durante la etapa productiva del cultivo y en postcosecha; afecta hojas, pecíolos, tallos y frutos. Los síntomas corresponden a manchas irregulares de aspecto húmedo rodeadas por un halo clorótico. Estas manchas están adyacentes a la venación de la lámina foliar y, al secarse, toman coloraciones pardas (figura 29) y pueden unirse y necrosar la totalidad de la hoja. En pecíolos y tallos, los síntomas corresponden a daños deprimidos con forma ovalada-alargada, generalmente de color pardo-negro. En cuanto a los frutos, se observan lesiones de aspecto húmedo, hundidas y redondeadas, que, cuando los frutos maduran, adquieren coloraciones negras. En estas lesiones, se forman los cuerpos fructíferos del patógeno, y cuando estos esporulan, es posible ver agregados gelatinosos color salmón.

Monitoreo: De prevalecer condiciones ambientales ideales para el desarrollo de la enfermedad, debe recorrerse el cultivo regularmente, en zigzag, en búsqueda de plantas afectadas, iniciando los recorridos desde diferentes puntos del lote.

Manejo: Hay que emplear variedades tolerantes o resistentes. Para la germinación de las semillas, se puede agregar *Trichoderma* sp. al sitio de siembra como método preventivo de establecimiento de patógenos del suelo y de activación de mecanismos de defensa de la planta. También se puede aplicar este hongo varias veces al suelo durante el desarrollo del cultivo: semanalmente, durante el primer mes después de siembra, y posteriormente, cada quince días. Así mismo, se debe preparar el suelo, sembrar sobre camellones y establecer un sistema de riego por goteo y drenajes. Otras medidas que se pueden tomar son:

- erradicar otras especies que también sean hospedantes: los órganos afectados deben retirarse e introducirse dentro de un saco o un bolsa, para evitar dispersar partes de estos al interior del cultivo, y posteriormente incinerarlos;
- desinfectar las herramientas con hipoclorito de sodio al 1 % entre plantas y al finalizar labores;
- evitar el contacto directo de los frutos con el suelo;
- usar coberturas muertas como estrategia de aislamiento de los frutos con el suelo;
- eliminar los residuos de las plantas al finalizar el ciclo productivo del cultivo para disminuir el inóculo potencial para los cultivos posteriores;
- no realizar siembras continuas de especies susceptibles en el mismo lote; y, como última opción,
- aplicar fungicidas cuando las condiciones ambientales sean favorables al desarrollo de la enfermedad, alternando ingredientes activos y grupos químicos para evitar el desarrollo de resistencia.

Tizón foliar o alternariosis **(*Alternaria cucumerina* [Ellis & Everh.])**

Descripción: Es una enfermedad foliar de distribución mundial que afecta, además, tallos, flores y frutos. El microorganismo penetra de forma directa o a

través de heridas, y los síntomas observados son producto de la acción de toxinas secretadas por el hongo. Este es diseminado entre las plantas por la salpicadura producida al llover, por el viento y por la acción mecánica de quienes transitan al interior del cultivo, que pueden ser insectos, animales o el hombre. Así mismo, humedades relativas mayores al 90 % y periodos cálidos, de temperaturas medias diarias cerca de los 27 °C, favorecen su aparición.

Síntomas y daño: La enfermedad puede presentarse a partir de la formación de las guías y del desarrollo del follaje. Es común observar los primeros síntomas en las láminas foliares bajas con un posterior avance en toda la planta. Los síntomas corresponden a manchas pardas irregulares rodeadas por un halo clorótico (figura 29) que pueden unirse y necrosar la totalidad de la hoja (Ortiz, Quiñonez, Valdés, Gómez, & Huertas, 2014). Con la pérdida de hojas, los frutos quedan expuestos al sol, por lo que es común observar el aumento de frutos con golpe de sol.

Monitoreo: De prevalecer condiciones ambientales ideales para el desarrollo de la enfermedad, debe recorrerse el cultivo regularmente, en zigzag, en búsqueda de plantas afectadas, iniciando los recorridos desde diferentes puntos del lote.

Manejo: Se recomienda emplear semilla certificada o procedente de plantaciones libres de la enfermedad. Para la germinación de las semillas, se puede aplicar *Trichoderma* sp. en *drench* al sitio de siembra como método preventivo de establecimiento de patógenos del suelo y de activación de mecanismos de defensa de la planta. Como con las anteriores enfermedades, este hongo también puede ser aplicado al suelo durante el desarrollo del cultivo: semanalmente, durante el primer mes después de siembra, y posteriormente, cada quince días. También se debe preparar el suelo, sembrar sobre camellones y establecer un sistema de riego por goteo y drenajes. Los órganos afectados deben retirarse e introducirse dentro de un saco o una bolsa, para evitar dispersar partes de la planta al interior del cultivo, y posteriormente incinerarlos. Además, se recomienda:

- desinfectar las herramientas con hipoclorito de sodio al 1 % entre cada planta y al finalizar labores;

- eliminar o incorporar los residuos de las plantas al finalizar el ciclo productivo del cultivo para disminuir el inóculo potencial para plantaciones posteriores;
- evitar realizar siembras continuas de especies susceptibles en el mismo lote; y, finalmente,
- aplicar fungicidas cuando las condiciones ambientales sean favorables al desarrollo de la enfermedad, alternando ingredientes activos y grupos químicos para evitar el desarrollo de resistencia.

Pudrición de raíces (*Fusarium* spp.) y de cuello (*Phytophthora capsici*)

Descripción: Corresponden a patógenos del suelo que pueden penetrar la planta a través de heridas, aberturas naturales y raíces. *P. capsici* es un oomiceto (pseudohongo) que afecta más de 50 especies en más de 15 familias y que, a partir de sus esporas reproductivas sexuales (oosporas), puede sobrevivir en el suelo durante años en ausencia de una planta hospedante y bajo condiciones ambientales extremas. *Fusarium* spp. también genera estructuras que le ayudan a perdurar durante años en los lotes de cultivo, por lo que, después de la observación de plantas enfermas, debe evitarse sembrar nuevamente ahuyama y otras especies susceptibles. Temperaturas mayores a 32 °C; elevadas humedades relativas, superiores al 90 %; exceso en la fertilización nitrogenada, y malos drenajes de suelos favorecen su aparición y establecimiento.

Epidemiología: En el caso de *P. capsici*, al germinar las oosporas, se forman los esporangios (estructuras reproductivas asexuales), donde se forman las zoosporas (esporas reproductivas asexuales), las cuales son liberadas cuando hay contacto con el agua y nadan hasta hallar su hospedante. Posteriormente, pierden sus flagelos, enquistan, generan una pared celular, germinan e infectan la planta. Colonizados los diferentes órganos del hospedante, generan esporangios sobre los tejidos y se repite el ciclo de dispersión, infección y reproducción.

Síntomas y daño: Las enfermedades pueden presentarse en todas las etapas fenológicas del cultivo. En ambos casos, se observa marchitamiento de las plantas producto de la pudrición de raíces o del taponamiento de los haces vasculares, por lo que se observa la pudrición del cuello de la planta y, posteriormente, su muerte (Ortiz et al., 2014). Cuando el agente causal del marchitamiento es *Fusarium* spp., al realizar un corte transversal del tallo, se observa el proceso degenerativo de los haces vasculares. *P. capsici* puede afectar, además, láminas foliares, pecíolos, tallos y frutos y generar pudriciones húmedas irregulares; en temporadas de baja humedad relativa, menor al 60 %, las áreas de las hojas afectadas por el patógeno se secan tornándose marrones y se quiebran fácilmente al contacto.

Monitoreo: De prevalecer condiciones ambientales ideales para el desarrollo de la enfermedad, debe recorrerse el cultivo regularmente, en zigzag, en búsqueda de plantas afectadas para su erradicación oportuna, especialmente después de fuertes lluvias y priorizando las áreas donde se concentre humedad en el suelo con láminas de agua, es decir, encharcamientos.

Manejo: Se deben emplear variedades tolerantes o resistentes. Para la germinación de las semillas, como hemos visto, se puede aplicar *Trichoderma* sp. en *drench* al sitio de siembra como método preventivo de establecimiento de patógenos del suelo y de activación de mecanismos de defensa de la planta. También puede ser aplicado al suelo durante el desarrollo del cultivo: semanalmente, durante el primer mes después de la siembra, y posteriormente, cada quince días. Se debe preparar el suelo, sembrar sobre camellones, establecer un sistema de riego por goteo y drenajes y realizar manejo y control de nematos para evitar la formación de heridas en las raíces de las plantas. Además, se recomienda:

- usar coberturas muertas como estrategia de reducción del movimiento del patógeno y de aislamiento de los frutos del suelo;
- evitar el contacto directo de los frutos con el suelo;
- retirar los órganos afectados e introducirlos dentro de un saco o una bolsa, para evitar dispersar partes de estos al interior del cultivo, y posteriormente incinerarlos;

- desinfectar las herramientas con hipoclorito de sodio al 1 % entre plantas y al finalizar labores;
- no realizar siembras continuas de especies susceptibles en el mismo lote; y, por último,
- aplicar fungicidas cuando las condiciones ambientales sean favorables al desarrollo de la enfermedad, alternando ingredientes activos y grupos químicos para evitar el desarrollo de resistencia.

Mildiu polvoriento (*Golovinomyces cichoracearum* [DC.] V. P. Heluta [syn. *Erysiphe cichoracearum* DC.], *Sphaerotheca fuliginea* [Schlecht. ex Fr.] Poll. y *Podosphaera xanthii* [Px] [Castag.] U. Braun y N. Shish)

Descripción: Si bien se citan tres especies como las agentes causales del mildiu polvoriento, *E. cichoracearum* y *S. fuliginea* son los principales responsables de la patología en cucurbitáceas a nivel mundial, y además se encuentra *Oidium* sp. como estado imperfecto de *S. fuliginea* en países tropicales. Estas especies son diseminadas por el viento. Cultivos bajo ambientes protegidos y sembrados en altas densidades son más propensos a ser afectados por esta enfermedad. Así mismo, bajas humedades relativas, menores al 60 %, condiciones secas del suelo y temperaturas elevadas, superiores a los 32 °C, favorecen su aparición.

Epidemiología: Son parásitos obligados que necesitan de un hospedante para cumplir su ciclo de vida, que se completa en un periodo de tres a siete días.

Síntomas y daño: La enfermedad puede presentarse a partir de la formación de las guías y del desarrollo del follaje, aunque es más susceptible de presentarse durante la etapa productiva del cultivo. Aparece en hojas, pecíolos y yemas jóvenes de las cucurbitáceas como una masa harinosa color grisáceo. Inicialmente, se observan manchas cloróticas en el envés y el haz de las hojas cubiertas por las estructuras del hongo, las cuales presentan un aspecto harinoso (figura 29). Cuando se presentan ataques severos, las láminas foliares se tornan amarillas y se secan.

Monitoreo: De prevalecer condiciones ambientales ideales para el desarrollo de la enfermedad, debe recorrerse el cultivo regularmente, en zigzag, en búsqueda de plantas afectadas, iniciando los recorridos desde diferentes puntos del lote.

Manejo: Hay que emplear variedades tolerantes o resistentes. Para la germinación de las semillas, se puede aplicar *Trichoderma* sp. en *drench* al sitio de siembra como método preventivo de establecimiento de patógenos del suelo y de activación de mecanismos de defensa de la planta. *Trichoderma* sp. puede ser aplicado repetidas veces al suelo durante el desarrollo del cultivo: semanalmente: durante el primer mes después de la siembra, y posteriormente, cada quince días. Igualmente, se debe preparar el suelo, sembrar sobre camellones y establecer un sistema de riego por goteo y drenajes. Así mismo, también se recomienda:

- usar densidades de siembra moderadas y controlar otras especies con el propósito de evitar altas humedades relativas al interior del cultivo;
- retirar las láminas foliares afectadas e introducirlas dentro de un saco o una bolsa, para evitar dispersar partes de la planta al interior del cultivo, y posteriormente compostarlas, enterrarlas o incinerarlas;
- desinfectar las herramientas con hipoclorito de sodio al 1 % de planta a planta y al finalizar labores;
- eliminar o incorporar los residuos de las plantas al finalizar el ciclo productivo del cultivo para disminuir el inóculo potencial para plantaciones posteriores;
- evitar realizar siembras continuas de especies susceptibles en el mismo lote;
- aplicar extractos vegetales a base de saponinas o leche de vaca, que, preparada en dos unidades por una unidad de agua, ha sido eficiente bajo condiciones protegidas; y, como última opción,
- aplicar fungicidas cuando las condiciones ambientales sean favorables al desarrollo de la enfermedad, alternando ingredientes activos y grupos químicos para evitar el desarrollo de resistencia.

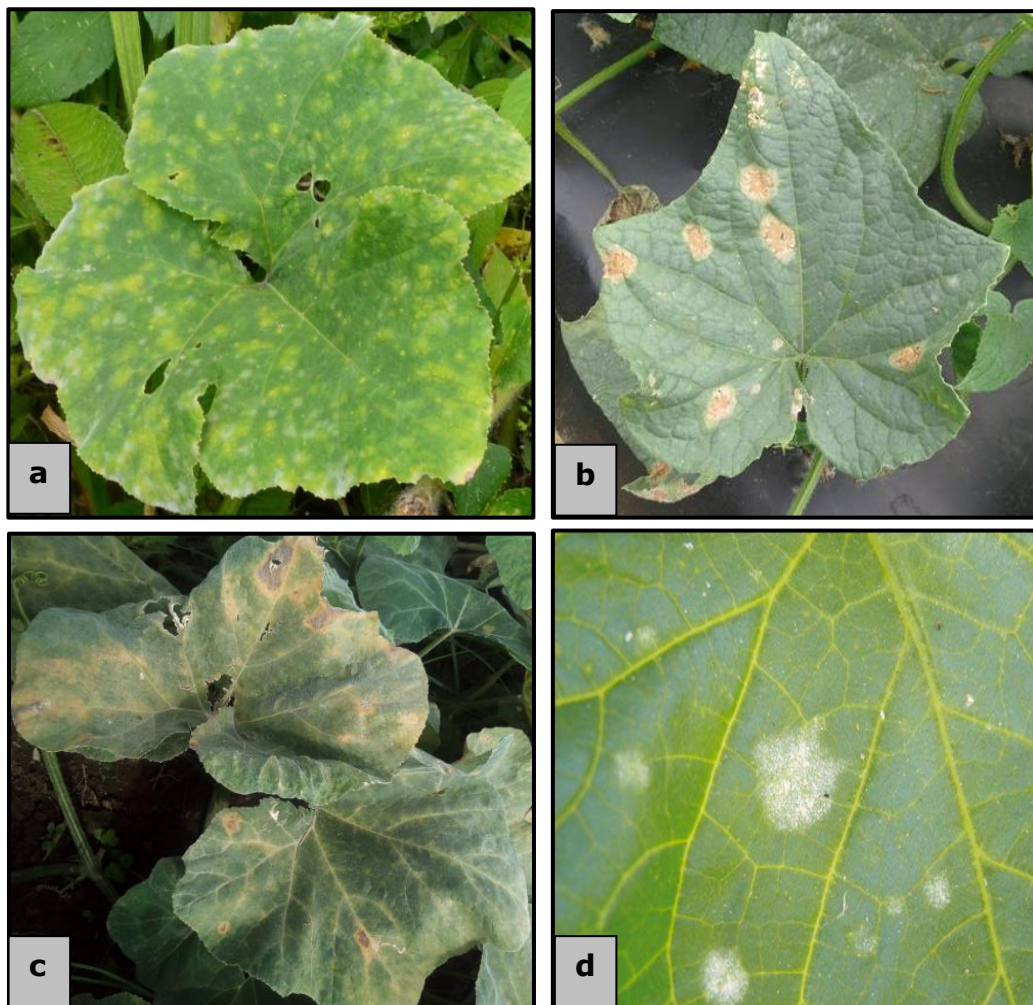


Figura 29. Síntomas de enfermedades foliares. a. Mildiu veloso (*Pseudoperonospora cubensis*); b. Antracnosis (*Colletotrichum orbiculare*); c. Tizón foliar (*Alternaria cucumerina*); d. Mildiu polvoriento (*Golovinomyces cichoracearum*).

Fuentes: a. Eduardo Manjarrez; b. Adams y Quesada-Ocampo (2017); c. Juan Gómez; d. Reis (2017)

Tabla 35. Resumen sobre enfermedades foliares en ahuyama causadas por hongos

	Alternariosis	Antracnosis	Phytophthora	Mildiu velloso	Mildiu polvoriento
Condiciones ambientales favorables	Elevada humedad relativa, superior al 90%				Baja humedad relativa $\leq 60\%$
	Períodos cálidos (temperaturas medias diárias $\geq 30^{\circ}\text{C}$)			temperatura diaria extremas, es decir, mínimas y máximas	Períodos cálidos (temperaturas medias diárias $\geq 30^{\circ}\text{C}$)
	Lluvias frecuentes			Agua libre sobre las hojas	Suelos secos
	Exceso de fertilización nitrogenada				
Medios de diseminación	Salpicadura del agua, viento e insectos, animales y el hombre al transitar al interior del cultivo.		Escorrentía (agua libre en el suelo)	Salpicadura del agua, viento e insectos, animales y el hombre al transitar al interior del cultivo.	Viento
Etapas fenológicas susceptibles, síntomas y daños	Desarrollo vegetativo a cosecha		Germinación a cosecha		Desarrollo vegetativo a cosecha
	Manchas pardas, irregulares, rodeadas por un halo clorótico	Manchas de aspecto húmedo, irregulares, rodeadas por un halo clorótico	Pudriciones húmedas, irregulares	Manchas cloróticas, angulares, limitadas por las nervaduras, observándose en el envés un micelio algodonoso.	Manchas cloróticas, observándose en el haz y envés un micelio harinoso.
Monitoreo	Recorrer el cultivo regularmente en zig-zag en búsqueda de plantas afectadas, iniciando los recorridos desde diferentes puntos del lote.				

Continúa

Continuación de tabla 35

	Principalmente después de fuertes lluvias y priorizando las áreas con encharcamientos	En las primeras horas de la mañana cuando la humedad relativa alcanza sus valores máximos, cercanos al 100 %, y la temperatura no ha sobrepasado los valores medios diarios de 27°C
--	---	---

Fuente: Elaboración propia

Mosca blanca (*Bemisia tabaci* [Hemiptera: Aleyrodidae])

Descripción: La plaga puede observarse en todas las etapas fenológicas del cultivo, desde el trasplante hasta la cosecha. Los adultos miden aproximadamente 1,5 mm de largo y se diferencian de *Trialeurodes vaporariorum*, conocida también como mosca blanca, puesto que las alas de ésta última están dispuestas horizontalmente sobre el dorso del individuo, mientras que las de *B. tabaci* se encuentran inclinadas (figura 30). *B. tabaci* es polífaga y posee múltiples hospederos, incluso especies cultivables de otras familias, como lechuga, yuca, fríjol, habichuela, soya, pimentón, tomate, tabaco, berenjena, papa, col, uva y algodón.

Ciclo de vida: La oviposición es realizada en el envés de las láminas foliares. Entre cinco y nueve días después, según condiciones ambientales, se da la eclosión de los huevos, de los cuales emerge una ninfa que recorre la hoja hasta encontrar un sitio de alimentación donde permanece hasta completar cuatro estados ninfales, que transcurren entre dos y cuatro días, también según condiciones ambientales; finalmente, se forma la pupa y, pasados seis días, aproximadamente, emerge el adulto.

Síntomas y daño: Las plantas afectadas pierden vigor producto de la succión de savia realizada tanto por ninfas como por adultos; además, bajo altas poblaciones de la plaga, esta secreta líquidos azucarados de los cuales se alimentan hongos (*Capnodium* sp.) que pueden cubrir la totalidad de la lámina foliar, por lo que disminuye el área fotosintéticamente activa. Así mismo, genera trastornos fisiológicos, como el cambio de color de las hojas de verde a plateado, y es vector activo de etiologías virales, específicamente de Begomovirus.

Monitoreo: Se deben instalar trampas amarillas para la detección temprana de la plaga en el cultivo. Las trampas corresponden a rectángulos plásticos de color amarillo untados con pegante que se disponen a la misma altura del cultivo y que deben revisarse periódicamente con el fin de determinar el nivel de infestación (figura 30).

Control: Se deben integrar diferentes estrategias, como: 1) control cultural (eliminar otros hospederos y residuos de cosecha; instalar barreras físicas que limiten el movimiento de la plaga dentro del cultivo, como cercas vivas; emplear densidades de siembra moderadas y evitar cultivos escalonados), 2) uso de entomopatógenos (*Lecanicillium lecanii* y *Beauveria bassiana*), 3) liberación de parasitoides y 4) control químico. Además, se pueden aplicar insecticidas alternando ingredientes activos y grupos químicos para evitar el desarrollo de resistencia.

Gusano barrenador del fruto del pepino (*Diaphania hyalinata* L.) y del melón (*Diaphania nitidalis* Stoll.)

Descripción: Los gusanos barrenadores del fruto del pepino y del melón, respectivamente, corresponden al estadio larval de polillas de hábito nocturno, en el caso de *D. hyalinata*, con una envergadura alar de 25 mm. Sus larvas, según el estadio en el que se encuentren, pueden medir entre 1,2 y 23,5 mm, y a partir del tercer instar, se distinguen dos franjas claras en el dorso que permiten identificarlas (figura 31). Por su parte, *D. nitidalis* presenta manchas oscuras hasta el cuarto instar. Ambas especies pueden observarse haciendo daño desde el desarrollo vegetativo hasta la cosecha.

Ciclo de vida: *D. hyalinata* cumple su ciclo de vida, de huevo a adulto, en 28-33 días según las condiciones ambientales. Ambas especies depositan sus huevecillos en guías, hojas, flores y frutos, y pueden ser uno o más huevos por sitio.

Síntomas y daño: Los primeros ataques ocurren días después de haber germinado las semillas, durante la formación de las guías. En las láminas foliares, se observan perforaciones irregulares que van aumentando de tamaño a medida que las larvas se van alimentando de estas y va creciendo su población. *D. hyalinata* prefiere el follaje y ocasionalmente la corteza de cualquier cucurbitácea, excepto la sandía, mientras que *D. nitidalis* se alimenta preferentemente del fruto.

Monitoreo: Posteriormente a la germinación de las semillas, se debe recorrer el cultivo regularmente (semanalmente) en búsqueda tanto de huevos y estadios larvales de la plaga como de daños ocasionados por esta. En melón, se recomienda realizar aplicaciones de insecticidas químicos tan pronto se observe infestación en una de seis hojas examinadas, en una de quince yemas evaluadas, en uno de cada treinta frutos inspeccionados o cuando se encuentren larvas que están atacando flores y yemas.

Manejo: Se deben integrar diferentes estrategias, como: 1) control cultural, que consiste en establecer sembríos tempranos y cultivos trampa, destruir residuos de la cosecha, entre otros; 2) aplicación de entomopatógenos (*Bacillus thuringiensis* Berliner var. Kurstaki) y liberación de parasitoides (*Trichogramma* sp.), y 3) control químico. Debe evitarse que la aplicación de insecticidas coincida con las etapas de más actividad de los insectos polinizadores, es decir, en las horas de la tarde, y su uso es ideal después de la eclosión de los huevos de la plaga. Además, se recomienda aplicar insecticidas alternando ingredientes activos y grupos químicos para evitar el desarrollo de resistencia.

Trips (*Thrips palmi*)

Descripción: La plaga puede observarse en todas las etapas fenológicas del cultivo, desde el trasplante hasta la cosecha. Los estadios ninfales, a diferencia de los adultos, no poseen alas, y son más claros y de menor tamaño que estos; no obstante, ambos son amarillos. La plaga es polífaga y posee múltiples hospederos, incluso especies cultivables de otras familias, como lechuga, girasol, dalia, frijol, haba, pimentón, tomate, tabaco, berenjena, papa, lulo, tomate de árbol, uva, cilantro, granadilla, maracuyá, brevo, arroz, cebolla, aguacate, mango, cítricos, rábano y algodón. Periodos secos de humedades relativas inferiores al 60 % y de altas temperaturas, mayores a 27 °C, favorecen el establecimiento y la multiplicación de la plaga; las lluvias ejercen control de las poblaciones al lavar los individuos de los órganos afectados.

Ciclo de vida: La oviposición es realizada en hojas, flores y frutos. Los trips pasan por dos estadios ninfales (N1 y N2), prepupa, pupa y adulto. Bajo

condiciones óptimas, un individuo puede cumplir su ciclo de vida, de huevo a adulto, entre 21-26 días. (Durán, Mesa & Estrada. 1999).

Síntomas y daño: Tanto ninfas como adultos toman sus alimentos de diferentes órganos de la planta. Cuando se presentan ataques de la plaga, la venación de las láminas foliares toma color cobre o plateado, los órganos jóvenes se atrofian y, finalmente, se atrasa el desarrollo de la planta. La plaga es vector activo de etiologías virales, específicamente de Tospovirus.

Monitoreo: Se deben instalar trampas azules o blancas para la detección temprana de la plaga en el cultivo. Estas trampas corresponden a rectángulos plásticos de color azul o blanco untados con pegante, los cuales se disponen a la misma altura del cultivo y deben revisarse periódicamente con el fin de determinar el nivel de infestación.

Manejo: Se deben integrar diferentes estrategias, como: 1) control cultural (eliminar otros hospederos y residuos de cosecha, preparar el suelo, regar según demanda hídrica, emplear coberturas aluminizadas, evitar cultivos escalonados y rotar cultivos con especies no hospedantes, como el maíz), 2) uso de entomopatógenos (*L. lecanii*, *Metarhizium anisopliae* y *B. bassiana*) y liberación de depredadores (*Chrysoperla* sp.) y 3) control químico. Además, se recomienda aplicar insecticidas alternando ingredientes activos y grupos químicos para evitar el desarrollo de resistencia.

Ácaros (*Tetranychus urticae*)

Descripción: La plaga puede observarse en todas las etapas fenológicas del cultivo, desde el trasplante hasta la cosecha. Los adultos son de coloración verde, amarilla o anaranjada según el sustrato del que se alimenten, miden entre 0,3 y 0,5 mm de largo y presentan de 2 a 4 manchas oscuras laterales sobre el dorso. Su movimiento entre las plantas se da por la migración de las hembras y por la acción mecánica del viento y de quienes transitan al interior del cultivo (mamíferos y el hombre). Los ácaros son polívoros y poseen múltiples hospederos, incluso en especies cultivables dentro del grupo de los frutales, las hortalizas, los ornamentales y las plantas arvenses. Periodos secos de

humedades relativas inferiores al 60 % y de altas temperaturas, mayores a 27 °C, favorecen el establecimiento y la multiplicación de la plaga, así como altos contenidos de nitrógeno y fósforo en los tejidos de la planta.

Ciclo de vida: La hembra puede depositar entre 100 y 120 huevos en el envés de las láminas foliares. Cuando los huevos eclosionan, las larvas solo poseen tres pares de patas, y en los estadios posteriores ninfales (dos), desarrollan el cuarto par de patas hasta llegar a adultas. Bajo condiciones óptimas, un individuo puede cumplir su ciclo de vida, de huevo a adulto, en siete días.

Síntomas y daño: La plaga, generalmente, se establece en el envés de las láminas foliares, y el daño que ocasiona se observa como pequeñas áreas cloróticas por el haz de estas. Cuando la presión es muy alta, las hojas toman coloraciones blanquecinas o cobrizas y las plantas pueden perder sus hojas y, según su estado fenológico, morir. Esta plaga también puede afectar los frutos durante su desarrollo.

Monitoreo: Se debe recorrer el cultivo regularmente, buscando focos de la plaga, los cuales se ubican generalmente en los puntos de salida del cultivo.

Manejo: Se deben integrar diferentes estrategias, como: 1) control cultural (eliminar otros hospederos, preferiblemente antes del momento de siembra, residuos de cosecha y, bajo altas presiones de la plaga, las hojas bajas de la planta; evitar cultivos escalonados; rotar cultivos con especies no hospedantes, y abonar evitando los excesos de fertilizantes nitrogenados), 2) liberación de depredadores (*Chrysoperla* sp. y ácaros de la familia Phytoseiidae) y 3) control químico. También es recomendable aplicar acaricidas alternando ingredientes activos y grupos químicos para evitar el desarrollo de resistencia.

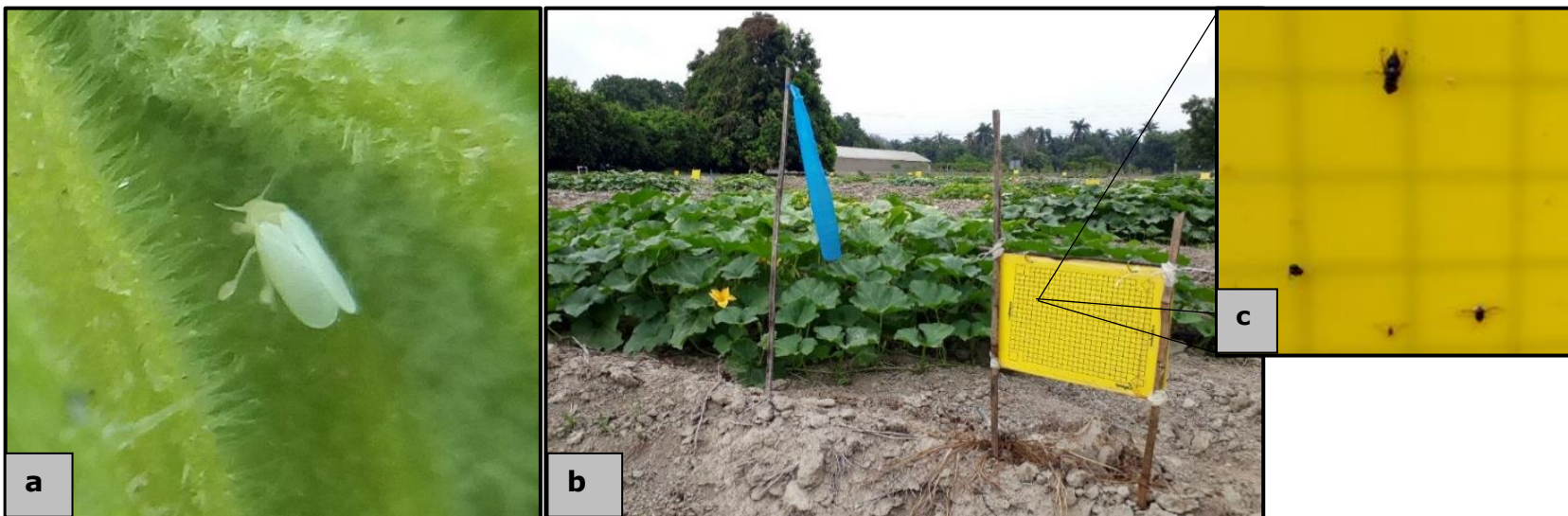
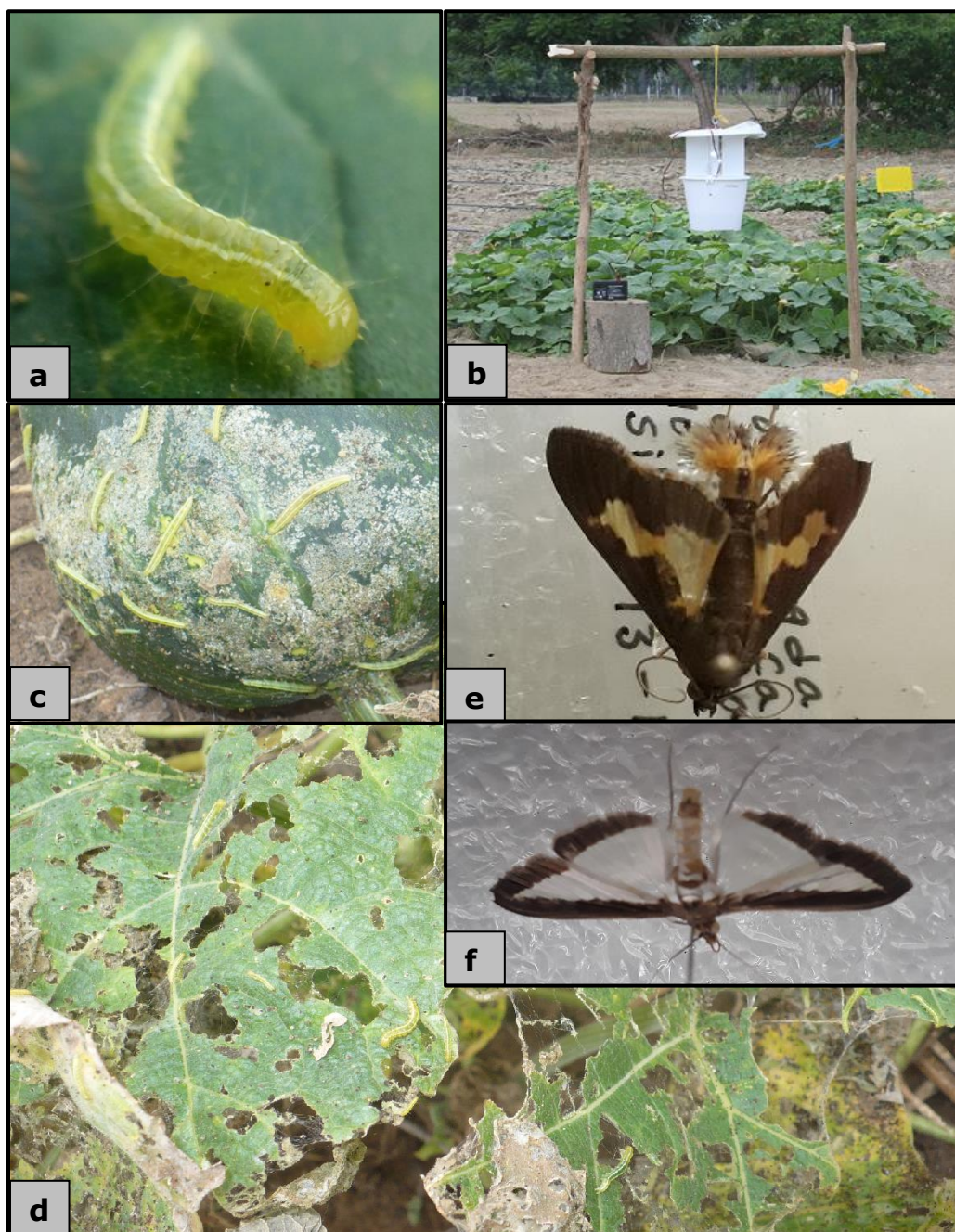


Figura 30. Mosca blanca (*Bemisia tabaci*) en ahuyama. a. Adulto de mosca blanca; b. Trampa amarilla para monitoreo de mosca blanca; c. Dípteros en trampas.

Fuente: Juan Gómez y Alfonso Orozco



Fuente: Juan Gómez y Francisco Carrascal

Figura 31. Diaphania en ahuyama. a. Larva de *D. hyalinata*; b. Trampa de luz para monitoreo de adultos de *Diaphania*; c. Ataque de *D. nitidalis* en fruto; d. Ataque de *D. hyalinata* al follaje; e. Adulto de *D. nitidalis*; f. Adulto de *D. hyalinata*.

Control químico de plagas y enfermedades

De acuerdo con la Resolución 004754 de 2011 del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), la ahuyama se encuentra enmarcada dentro de la categoría “cultivos menores”, que son definidos como aquellos de los cuales existe escasa o nula oferta de bioinsumos o plaguicidas químicos de uso agrícola para protección fitosanitaria. Para el caso de las hortalizas de frutos pertenecientes a las cucurbitáceas, el ICA plantea como cultivo de referencia al melón y agrupa como cultivos menores afines a la ahuyama, el calabacín, el pepino y sandía. En esencia, la Resolución 004754 busca la ampliación de registro de los productos ofertados para cultivos de referencia hacia los cultivos menores afines, con la finalidad de que los agricultores, por iniciativa propia y de manera informal e indiscriminada, no utilicen productos no autorizados para el control de plagas en sus cultivos. Teniendo en cuenta lo descrito anteriormente, en las tablas 38, 39 y 40 se relaciona la oferta de plaguicidas con registro ICA para el cultivo de melón y sus cultivos menores asociados.

Además del uso de productos autorizados para el cultivo, es importante implementar acciones que prevengan la aparición de resistencia de las plagas y enfermedades a los ingredientes activos. En este sentido, actualmente operan los siguientes comités:

- Comité de Acción para la Resistencia a los Insecticidas (IRAC, por sus siglas en inglés: Insecticide Resistance Action Committee) y
- Comité de Acción para la Resistencia a los Fungicidas (FRAC, por sus siglas en inglés: Fungicide Resistance Action Committee).

El principal propósito de estos comités es proporcionarles a los agricultores, técnicos y profesionales de la protección de cultivos, en general, una guía para seleccionar los pesticidas (insecticidas, acaricidas, fungicidas, nematocidas y bactericidas) a usar en una estrategia de manejo de resistencia eficaz y sostenible. Como resultado de la labor del IRAC (2018) y el FRAC (2018), los ingredientes activos son clasificados por su modo de acción (MoA), que da las pautas para realizar una rotación con criterio técnico de los ingredientes activos,

con miras a minimizar los riesgos de resistencia de las plagas y enfermedades a los agroquímicos comerciales (tablas 41 y 42).

Es importante tener presente que estos comités están revisando y actualizado permanentemente la clasificación de los MoA, y por tanto, se aconseja siempre consultar, en sus sitios web oficiales,² las versiones vigentes de dichas clasificaciones.

En términos generales, el uso correcto de los MoA del IRAC y el FRAC consiste en alternar los ingredientes activos: principalmente, por diferentes grupos de MoA, y si ello no fuese posible, como segunda opción, por diferentes subgrupos de MoA. En consecuencia, esto conlleva a descartar las rotaciones de ingredientes activos cuyos MoA se encuentren clasificados en un mismo subgrupo de MoA (tablas 36 y 37).

² FRAC: <http://www.frac.info/home>; IRAC: <http://www.irac-online.org>.

Tabla 36. Ejemplo de clasificación de MoA del FRAC

Grupo MoA Subgrupo MoA		No rotar con ingredientes activos del mismo Subgrupo MoA. Ejemplo Subgrupo H5 celulosa sintasa			
Modo de Acción-Moa	Código y sitio objetivo	Nombre del grupo	Grupo químico	Nombre común	CF
H: biosíntesis en la pared celular	H3	Anteriormente, (Validamycin)	antibiótico Glucopiranosil		26
	H4: quitina sintasa	Polioxinas	Nucleósido peptidil pirimidina	Polioxina	19
	H5: celulosa sintasa	Fungicidas-ACC (amidas de ácido carboxílico)	Amidas de ácido cinámico	• Dimetomorf • Flumorf • Pyrimor	40
			Carbamatos de valinamida	• Bentiavalicarb • Iprovalicarb • Valifenalato	
			Amidas de ácido mandélico	Mandipropamid	
I: síntesis de melanina en la pared celular	I1: reductasa en la biosíntesis de melanina	IRMB (inhibidores de la reductasa en la biosíntesis de melanina)	Isobenzo-furanona	Fthalide	16.1
			Pirroloquinolinona	Pyroquilon	
			Triazolobenzotiazol	Tricyclazole	
	I2: deshidratasa en biosíntesis de melanina	IDMB (inhibidores de la deshidratasa en la biosíntesis de melanina)	Ciclopropano-carboxamida	Carpropamid	16.2
			Carboxamida	Diclocymet	
			Propionamida	Fenoxamil	
	I3: poliquétido sintasa en la biosíntesis de melanina	IPBM (inhibidores de la poliquétido sintasa en la biosíntesis de melanina)	Trifluoroetil-carbamato	Tolprocarb	16.3

CF: código FRAC

Fuente: FRAC (2018)

Tabla 37. Ejemplo de clasificación de MoA del IRAC

Grupo MoA	Subgrupo MoA	No rotar con ingredientes activos del mismo Subgrupo MoA. Ejemplo Subgrupo 12B Miticidas de Organoestaño	
		Grupo principal y sitio de acción primaria	Subgrupo químico o ejemplificación del ingrediente activo
			Ingredientes activos
		12: inhibidores de la ATP mitocondrial sintasa: metabolismo energético (los compuestos afectan la función de estas proteínas, pero no está claro cómo esto incide en la actividad biológica)	12A: Diafenthiuron 12B: Miticidas de organoestaño 12C: Propargita 12D: Tetradifon
		13*: desacopladores de fosforilación oxidativa vía disrupción del gradiente de protones: metabolismo energético	• Pirroles • Dinitrofenoles • Sulfluramid
		14: bloqueadores del canal nicotínico del receptor de acetilcolina: acción nerviosa (los compuestos afectan la función de estas proteínas, pero no está claro cómo esto incide en la actividad biológica)	Análogos de la nereistóxina
			Diafenthiuron Azocyclotin, cythexatin, óxido de fenbutatin Propargita Tetradifon • Clorfenapir • DNOC • Sulfluramid Bensultap, Cartap, hidrocliclorida, Tiociclam, tiosultap-sódico

Fuente: IRAC (2018)

Tabla 38. Pesticidas biológicos con registro ICA para cultivos de cucurbitáceas en Colombia

IA/Bb	Producto comercial	For.	Cultivo	CT	Tipo
Agallador (<i>Meloidogyne</i> sp.)					
Extractos de plantas	SINCOGIN SL	SL	Melón	IV	Extracto vegetal
Mosca blanca (<i>Bemisia tabaci</i>)					
<i>Paecilomyces lilacinus</i>	PAECILOTRÓPICO WP	WP	Melón	IV	Agente biológico de control de plagas
Mosca de la fruta					
4-Allyl-1,2-dimetoxibenceno	SAFER METHYL EUGENOL	VP	Melón	NA	Producto bioquímico (feromona)
Cuelure 4-p (acetoxifenil)-2-butanona acetato	SAFER CUELURE	VP	Melón	NA	Producto bioquímico (feromona)
Botrytis cinérea					
<i>Trichoderma harzianum</i> T-39	TRICHODEX 25	WP	Melón	IV	Agente biológico de control de enfermedades

IA/Bb: ingrediente activo por blanco biológico; For.: formulación; CT: categoría toxicológica; NA: no aplica

Fuente: Elaboración propia a partir de PLM (2016, 2018) e ICA (2018)

Tabla 39. Fungicidas con registro ICA para cultivos de cucurbitáceas en Colombia

IA/Bb	Producto comercial	For.	Cultivo	Dosis	CT	PR	PC
Antracnosis (<i>C. lagenarium</i>)							
Mancozeb	Alarm 80 WP	WP	Ca, Me, Sa, Pe	450 g/200 L de agua; 2,1 kg/ha	III	7 días	24 horas
	Chambuque 80 WP	WP	Ca, Me, Sa, Pe	0,45 p.c. del producto comercial en 200 litros de agua	III	7 días	24 horas

Continúa

Continuación tabla 39

	Fore WP	WP	Ca, Me, Sa, Pe	400 g/200 L de agua	III	24 horas	
	Manzate 200 WG	WG	Ca, Me, Sa, Pe	0,35-0,5 kg/200 L de agua	III	24 horas	5-7 días
	Manzate 200 WP	WP	Me, Sa, Pe	0,35-0,5 kg/200 L de agua	III	24 horas	5-7 días
	Titan 80 WP	WP	Ca, Me, Sa, Pe	450 g/200 L de agua	III	24 horas	7 días
	Vondozeb 80 WP	WP	Ca, Pe	500 g/200 L de agua	III		
	Dithane m-45 WP NT	WP	Ca, Me, Sa, Pe	450 g/200 L de agua; 2,1 kg/ha	III	24 horas	7 días
Clorotalonil	Bravonil 720 SC	SC	Ca, Me, Pe	3 L/ha	II	4 horas	7 días
	Daconil 720 SC	SC	Me	3 L/ha	II	4 horas	7 días
Carbendazim	Carbendazim 500 SC PhytoCare	SC	Me	60-80 cm ³ /100 L de agua	III	12 horas	21 días
	Goldazim 500 SC	SC	Me, Pe	0,06-0,08 L/100 L de agua	III	Al secarse el follaje	7 días
	Kemdazin 50 WP	WP	Me, Sa, Pe	100-150 g/200 L de agua	III	24 horas	15 días
	Fordazim 500 SC	SC	Me	60-80 cm ³ /100 L de agua	II	12 horas	10 días
Propineb	Antracol WP 70	WP	Sa	1,5-2,5 kg/ha o 200-300 g/100 L de agua	III	8 días	4 horas
Captan	Captan 50 WP	WP	Me	500 g/200 L de agua	II	24 horas	7 días
Botrytis (Botrytis sp.)							
Carbendazim	Carbendazim 500 SC PhytoCare	SC	Me	60-80 cm ³ /100 L de agua	III	12 horas	21 días
	Evozim 500 SC	SC	Me, Pe	60-80 cm ³ /100 L de agua	III	6 horas	15 días

Continuación tabla 39

	Goldazim 500 SC	SC	Me, Pe	0,06-0,08 L/100 L de agua	III	Al secarse el follaje	7 días
	Kemdazin 50 WP	WP	Me, Sa, Pe	100-150 g/200 L de agua	III	24 horas	15 días
	Fordazim 500 SC	SC	Me	60-80 cm ³ /100 L de agua	II	12 horas	10 días
Mildeo polvoso (<i>E. cichoracearum</i>)							
Prochloraz	Deminak 45 EC	EC	Ah, Caz, Me, Pe	240-300 mL/200 L; 1,2-1,5 cm ³ /L; 400 L de mezcla/ha	III	12 horas	14 días
Clorotalonil	Control 500 SC	SC	Ca, Caz, Me, Sa, Pe	4 L/ha	III	12 horas	7 días
	Bravonil 720 SC	SC	Ca, Me, Pe	3 L/ha	II	4 horas	7 días
Metiram + Pyraclostrobin	Cabrio Top WG	WG	Me	1,5 kg/ha	III	Al secarse el follaje	7 días
Mildeo velloso (<i>P. cubensis</i>)							
Clorotalonil	Control 500 SC	SC	Ca, Caz, Me, Sa, Pe	4 L/ha	III	12 horas	7 días
	Bravonil 720 SC	SC	Ca, Me, Pe	3 L/ha	II	4 horas	7 días
	Daconil 720 SC	SC	Ca, Pe	3 L/ha	II	4 horas	7 días
Dimethomorph	Forum 500 WP	WP	Me	0,6-0,8 kg/ha	III	12 horas	7 días
Captan	Captan 50 WP PhytoCare	WP	Me	500 g/200 L de agua	II	24 horas	7 días
Propineb	Antracol WP 70	WP	Sa	1,5-2,5 kg/ha o 200-300 g/100 L de agua	III	8 días	4 horas

Continúa

Continuación tabla 39

Mancozeb	Dithane M-45 WP NT	WP	Ca, Me, Sa, Pe	450 g/200 L de agua; 2,1 kg/ha	III	24 horas	7 días
	Chambuque 80 WP	WP	Ca, Me, Sa, Pe	0,45 p.c. en 200 litros de agua	III	7 días	24 horas
	Alarm 80 WP	WP	Ca, Me, Sa, Pe	450 g/200 L de agua; 2,1 kg/ha	III	7 días	24 horas
	Fore WP	WP	Ca, Me, Sa, Pe	400 g/200 L de agua	III	24 horas	
	Manzate 200 WG	WG	Ca, Me, Sa, Pe	0,35-0,5 kg/200 L de agua	III		5-7 días
	Manzate 200 WP	WP	Ca	0,35-0,5 kg/200 L de agua	III	24 horas	5-7 días
	Titan 80 WP	WP	Ca, Me, Sa, Pe	450 g/200 L de agua	III	24 horas	7 días
	Vondozeb 80 WP	WP	Me, Sa	450 g/200 L de agua	III		
Fenamidone + Propamocarb	Consento SC	SC	Me, Sa, Pe	1,5-2 L/ha	II	7 días	4 horas
Mancozeb + Dimethomorph	Acrobat MZ 69 % WP	WP	Me	1,8-2,25 kg/ha	III	Al secarse el follaje	7 días
Metalaxyl + Clorotalonil	Folio Gold 440 SC	SC	Me	1 L/ha	III	12 horas	7 días
Ametoctradin + Dimethomorph	Zampro SC	SC	Ah, Caz, Me, Sa, Pe	0,9-1,2 L/ha	II	12 horas	7 días
Propamocarb + Fluopicolida	Infinito SC	SC	Me	1-1,5 L/ha	III	8 horas	7 días
Propineb + Fluopicolida	Trivia WP	WP	Me, Sa, Pe	1,2-1,8 kg/ha; 400-600 g/200 L de agua	III	8 horas	7 días
Bentiavalicarb isopropil + Folpet	Vincare WG	WG	Me	2 kg/ha en volumen de mezcla de 600 L/ha	III	12 horas	7 días

Continúa

Continuación tabla 39

Oidio (<i>S. fuliginea</i>)								
Metiram + Pyraclostrobin	Cabrio Top WG	WG	Me	1,5 kg/ha	III	Al secarse el follaje	7 días	
Oidium sp.								
Azufre	Top Sul SC	SC	Ah, Me, Sa	1 L/ha	III			
Oidium (<i>E. cichoracearum</i>)								
Carbendazim	Carbendazim 500 SC PhytoCare	SC	Me	60-80 cm ³ /100 L de agua	III	12 horas	21 días	
	Goldazim 500 SC	SC	Me, Pe	0,06-0,08 L/100 L de agua	III	Al secarse el follaje	7 días	
	Kemdazin 50 WP	WP	Me, Sa, Pe	100-150 g/200 L de agua	III	24 horas	15 días	
	Fordazim 500 SC	SC	Me	60-80 cm ³ /100 L de agua	II	12 horas	10 días	
	Stopper Oma 80 ME	ME	Me	5 cm ³ /L o 1 L/ha	III	4 horas	14 días	
Peronospora sp.								
Propineb	Antracol WP 70	WP	Sa	1,5-2,5 kg/ha o 200-300 g/100 L de agua	III	8 días	4 horas	
Azufre	Top Sul SC	SC	Ah, Me, Sa	1 L/ha	III			
Roña o sarna (<i>Cladosporium cucumerinum</i>)								
Mancozeb	Dithane M-45 WP NT	WP	Ca, Me, Sa, Pe	450 g/200 L de agua; 2,1 kg/ha	III	24 horas	7 días	
	Chambuque 80 WP	WP	Ca, Me, Sa, Pe	0,45 p.c. en 200 litros de agua	III	7 días	24 horas	

Continúa

Continuación tabla 39

	Alarm 80 WP	WP	Ca, Me, Sa, Pe	450 g/200 L de agua; 2,1 kg/ha	III	7 días	24 horas
	Fore WP	WP	Ca, Me, Sa, Pe	400 g/200 L de agua	III	24 horas	
	Titan 80 WP	WP	Ca, Me, Sa, Pe	450 g/200 L de agua	III	24 horas	7 días
Roya (<i>Uromyces phaseoli</i>)							
Mancozeb	Alarm 80 WP	WP	Ca, Me, Sa, Pe	450 g/200 L de agua; 2,1 kg/ha	III	7 días	24 horas
Tizón gomoso del tallo (<i>Mycosphaerella citrulina</i>)							
Mancozeb	Dithane M-45 WP NT	WP	Ca, Me, Sa, Pe	450 g/200 L de agua; 2,1 kg/ha	III	24 horas	7 días
	Chambuque 80 WP	WP	Ca, Me, Sa, Pe	0,45 p.c. en 200 litros de agua	III	7 días	24 horas
	Alarm 80 WP	WP	Ca, Me, Sa, Pe	450 g/200 L de agua; 2,1 kg/ha	III	7 días	24 horas
	Fore WP	WP	Ca, Me, Sa, Pe	400 g/200 L de agua	III	24 horas	
	Titan 80 WP	WP	Ca, Me, Sa, Pe	450 g/200 L de agua	III	24 horas	7 días
Tizón temprano (<i>Alternaria</i> sp.)							
Propineb	Antracol WP 70	WP	Sa	1,5-2,5 kg/ha o 200-300 g/100 L de agua	III	8 días	4 horas

IA/Bb: ingrediente activo por blanco biológico; For.: formulación; CT: categoría toxicológica; PR: periodo de reingreso; PC: periodo de carencia; Ah: ahuyama; Ca: calabaza; Caz: calabazín; Me: melón; Sa: sandía; Pe: pepino

Fuente: Elaboración propia a partir de PLM (2016, 2018) e ICA (2018)

Tabla 40. Insecticidas y acaricidas con registro ICA para cultivos de cucurbitáceas en Colombia

IA/Bb	Producto comercial	For	Cultivo	Dosis	CT	PR	PC
Ácaros: <i>Tetranychus</i> spp.							
Abamectina	AVOID 1.8 EC	EC	Me	500 - 1000 cc/ha en 400 a 800 L de agua	II	12 horas	3 días
	EVIL 1.8 EC	EC	Me	500 - 1000 cc/ha en 400 a 800 L de agua	II	8 horas	3 días
	MECTIN 1.8 EC	EC	Me	500 - 1000 cc/ha en 400 a 800 L de agua	II	12 horas	3 días
	VERTIMEC 1.8% EC	EC	Me	0.5 - 1.0 L/ha	II	24 horas	3 días
Gusano perforador: <i>Diaphania nitidalis</i>							
Bifentrina + Imidacloprid	NILO 300 SC	SC	Me	0.6 L/ha con volumen de mezcla de 600 L/ha	II	12 horas	7 días
Minador: <i>Liriomyza</i> spp.							
Thiocyclam	NERISECT	SP	Ah, Caz, Me, Sa, Pe	0.5 g/L	III	12 horas	21 días
Abamectina	AVOID 1.8 EC	EC	Me	500 - 1000 cc/ha en 400 a 800 L de agua	II	12 horas	3 días
	EVIL 1.8 EC	EC	Me	500 - 1000 cc/ha en 400 a 800 L de agua	II	8 horas	3 días
	MECTIN 1.8 EC	EC	Me	500 - 1000 cc/ha en 400 a 800 L de agua	II	12 horas	3 días
	VERTIMEC 1.8% EC	EC	Me	0.5 - 1.0 L/ha	II	24 horas	3 días
Ciromazina	CIROMEX BRIO GQA 400 SC	SC	Me	40 - 50 cc/200 L de agua	III	Al secarse el follaje	4 días
	TRIGARD 75 WP	WP	Me	60 g/ha	IV	Al secarse el follaje	4 días
Thiocyclam	EVISSET S	polvo solub e	Me	0.5 g/L	III	N.A	3 días
Lambda-cihalotrina + Ciromazina	TUMBADOR 250 SC	SC	Me	120 cc/200 L	II	12 horas	3 días

Continúa

Continuación tabla 40

Mosca blanca: *Bemisia tabaci*

Tiametoxam	ACTARA 25 WG	WG	Me	400 g/ha	III	Al secarse el follaje	3 días
Thiocyclam	EVISET S	SP	Me	0.5 g/L	III	N.A	3 días
	NERISECT	SP	Ah, Caz, Me, Sa, Pe	0.5 g/L	III	12 horas	21 días

Trips del Melón: *Trips palmi* Karni

Spinetoram	EXALT 60 SC	SC	Ah, Caz, Me, Sa, Pe	200 - 250 cc/ha	III	12 horas	1 día
	ABSOLUTE 60 SC	SC	Me	200 - 250 cc/ha	III	12 horas	1 día
Lambda-cihalotrina	KARATE ZEON CS	CS	Me	0.5 L/ha	III	Al secarse el follaje	3 días

IA/Bb: ingrediente activo por blanco biológico; For.: formulación; CT: categoría toxicológica; PR: periodo de reingreso; PC: periodo de carencia; Ah: ahuyama; Ca: calabaza; Caz: calabazín; Me: melón; Sa: sandía; Pe: pepino; NA: no aplica
Fuente: Elaboración propia a partir de PLM (2016, 2018) e ICA (2018).

Tabla 41. Clasificación del FRAC de ingredientes activos de fungicidas con registro ICA para cultivos de cucurbitáceas en Colombia

Ingrediente activo	Grupo MoA	MoA	Subgrupo MoA	Sitio de destino	Nombre del grupo	Grupo químico	FRAC Code
Metalaxyl	A	Metabolismo de los ácidos nucleicos	A1	RNA polimerasa I	PA – fungicidas (PhenylAmides)	acilalaninas	4
Carbendazim	B	Citoesqueleto y proteínas motoras	B1	Ensamblaje de la β - tubulina en la mitosis	Fungicidas CMB (Carbamatos de metil benzimidazol)	benzimidazoles	1
Fluopicolide	B	Citoesqueleto y proteínas motoras	B5	Deslocalización de proteínas similares a la espectrina	Benzamidas	piridinilmetil-benzamidas	43
Fenamidone	C	Respiración	C3	complejo III: citocromo bc1 (ubiquinol oxidasa) en el punto Qo (gen cyt b)	QoI-fungicidas (Quinona fuera de inhibidores)	imidazolinonas	11
Pyraclostrobin	C	Respiration					
metoctradin	C	Respiration	C8	complejo III: citocromo bc1 (ubiquinona reductasa) en el punto Qo, subestado de unión a la estigmatelina	Fungicidas QoSI (Quinonas por fuera del punto de unión a la estigmatelina inhibidora)	triazolo-pirimidilamina	45

Continúa

Propamocarb	F	Síntesis o transporte de lípidos / integridad o funciones de la membrana	F4	Permeabilidad de la membrana celular, ácidos grasos (propuesto)	Carbamatos	Carbamatos	28
Prochloraz	G	Biosíntesis de esteroides en las membranas.	G1	C14-desmetilasa en la biosíntesis de esteroides (erg11 / cyp51)	fungicidas – IDM (Inhibidores de Desmetilación) (SBI: Clase I)	Imidazoles	3
Hexaconazole	G						
Propiconazole	G						
Dimethomorph	H	Biosíntesis de esteroides en las membranas	H5	Celulosa sintasa	Fungicidas AAC (Amidas de ácido carboxílico)	Amidas de ácido cinámico	40
Mancozeb	M	Productos químicos con actividad multi-sitio	Indefinido	Actividad de contacto en múltiples sitios	Ditiocarbamatos y parientes (electrófilos)		M03
Metiram	M						
Propineb	M						
Captan	M	Productos químicos con actividad multi-sitio	Indefinido	Indefinido	ftalimidas (electrófilos)	ftalimidas	M04
Folpet	M						
Chlorothalonil	M	Productos químicos con actividad multi-sitio	Indefinido	Indefinido	cloronitrilos (ftalonitrilos) (mecanismo no especificado)	cloronitrilos (ftalonitrilos)	M05

Fuente: Elaboración propia, datos FRAC (2018)

Tabla 42. Clasificación del IRAC de ingredientes activos de insecticidas y acaricidas con registro ICA para cultivos de cucurbitáceas en Colombia

Ingrediente activo	Grupo	Sub-grupo
Bifentrina Lambda-cihalotrina	3 Moduladores del canal de sodio	3A Piretroides, Piretrinas
Tiametoxam Imidacloprid Spinetoram	4 Moduladores competitivos del receptor nicotínico de la acetilcolina (nAChR)	4A Neonicotinoides
Abamectina	5 Moduladores alostéricos del receptor nicotínico de la acetilcolina (nAChR)	Spinosines
Thiocyclam	6 Moduladores alostéricos del canal de cloro regulado por glutamato (GluCl)	Avermectinas, Mibemicinas
Ciromazina	14 Bloqueadores del canal del receptor nicotínico de la acetilcolina (nAChR)	Análogos de la nereistoxina
	17 Disruptores de la muda, Dípteros	Ciromazina

Fuente: Elaboración propia, datos IRAC (2018)

Capítulo XI

Cosecha, poscosecha y transformación

En la etapa de cosecha, uno de los principales aspectos para tener en cuenta es la *madurez del fruto*, la cual es definida como el conjunto de cambios que sufren los frutos una vez alcanzado el punto de máximo crecimiento y en el que adquieren los atributos de color, aroma y sabor de interés para el consumidor (Casilimas et al., 2012). Se conocen tres tipos de madurez, a saber:

- **Madurez de cosecha o madurez comercial:** Se da cuando un fruto se desprende fácilmente de la planta y puede llegar a desarrollar madurez de consumo.
- **Madurez de consumo:** En esta etapa, son completas y armónicas todas las características del producto, como el sabor, el color, el aroma, la textura y consistencia. La madurez de cosecha en los frutos no climatéricos, como la ahuyama, debe ser igual o muy cercana a la madurez de consumo.
- **Madurez fisiológica:** Es la madurez en la que el desarrollo fisiológico de todas las partes del fruto permite que las semillas estén maduras y aptas para su reproducción.

En el cultivo de ahuyama, la cosecha se realiza cuando los frutos alcanzan su madurez comercial, y esto ocurre entre 90 y 120 días después de emergencia. El indicador en campo es cuando los frutos presentan el pedúnculo y el zarcillo secos (figura 32). En la cosecha de los frutos, el corte del pedúnculo debe realizarse con tijera podadora, dejando entre 2 y 3 cm de pedúnculo en el fruto. Así mismo, la ahuyama está clasificada como fruto *no climatérico*, lo que significa que, una vez cosechados, los frutos no tienen la capacidad de seguir madurando; por tanto, los cambios observados en poscosecha son producto de la degradación o deshidratación del fruto, razón por la cual los frutos de ahuyama se pueden conservar bien de 4 a 5 meses después de la cosecha en un lugar fresco, oscuro y bajo condiciones ambientales cercanas a los 10 °C y con un 70 % de humedad relativa (Astorquizaga, 2009).

La recolección debe ser realizarse en canastillas, preferiblemente, para transportar los frutos al área de poscosecha, que debe ser un sitio donde estos

no estén en contacto directo con el suelo ni con los rayos solares. En este sitio se realiza la selección y clasificación de los frutos (por tamaño, forma, color, etc.) de acuerdo con el criterio exigido por el mercado (figura 33).



Fuente: Elaboración propia

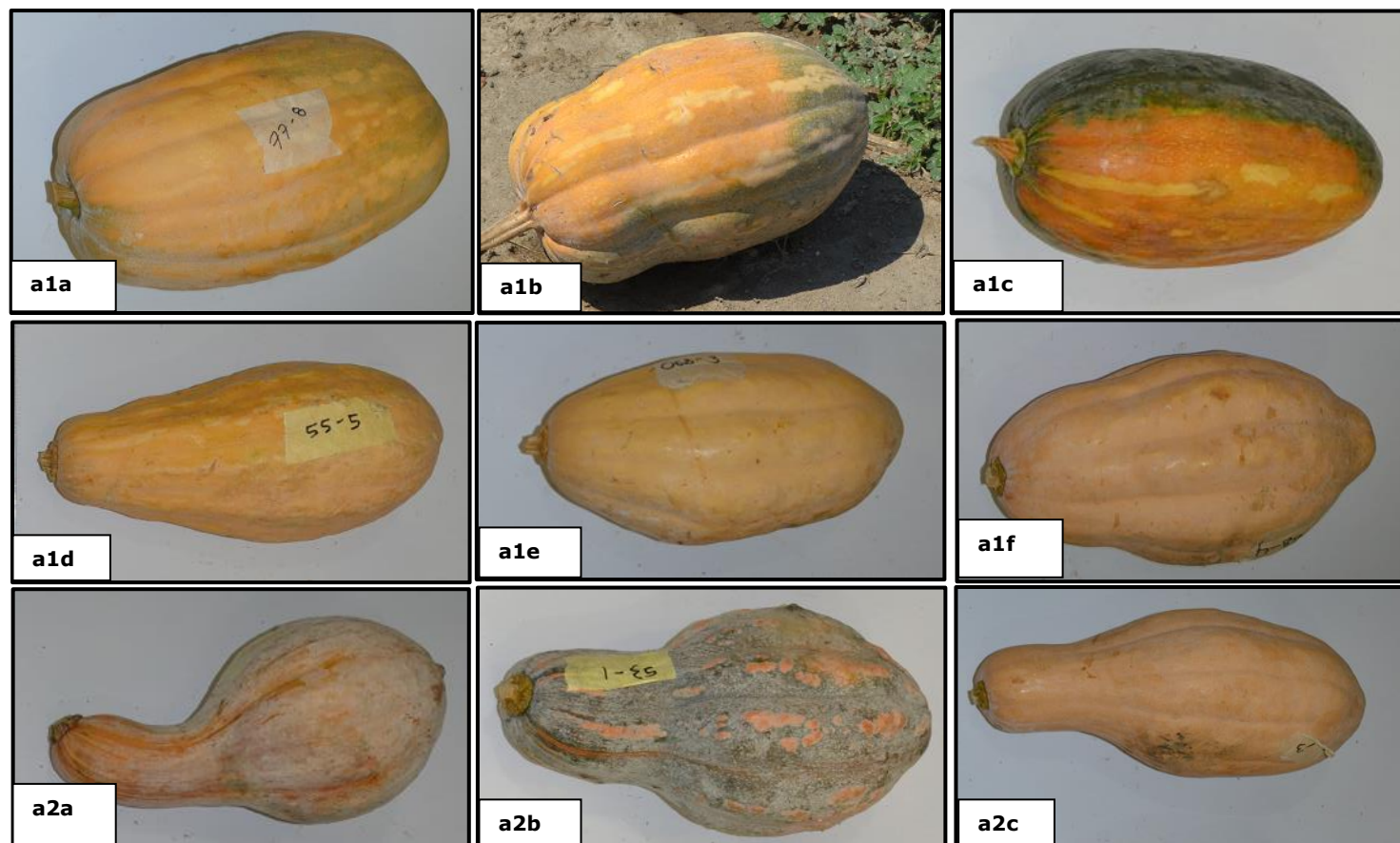
Figura 32. Cosecha en cultivo de ahuyama. a. Estado del cultivo en el último pase de cosecha; b. Fruto apto para cosecha; c. Acopio de frutos recién cosechados.

En este sentido, aunque en la región Caribe no hay criterios plenamente definidos para la clasificación de los frutos, en las figuras 34 a 36 se propone una guía ilustrativa para su clasificación según la forma. Complementariamente, se recomienda utilizar, preferiblemente, canastillas plásticas para el transporte de los frutos a los centros de acopio o al mercado de destino, a fin de evitar maltratos físicos que ocasionen deterioro y, por ende, pérdidas de calidad.



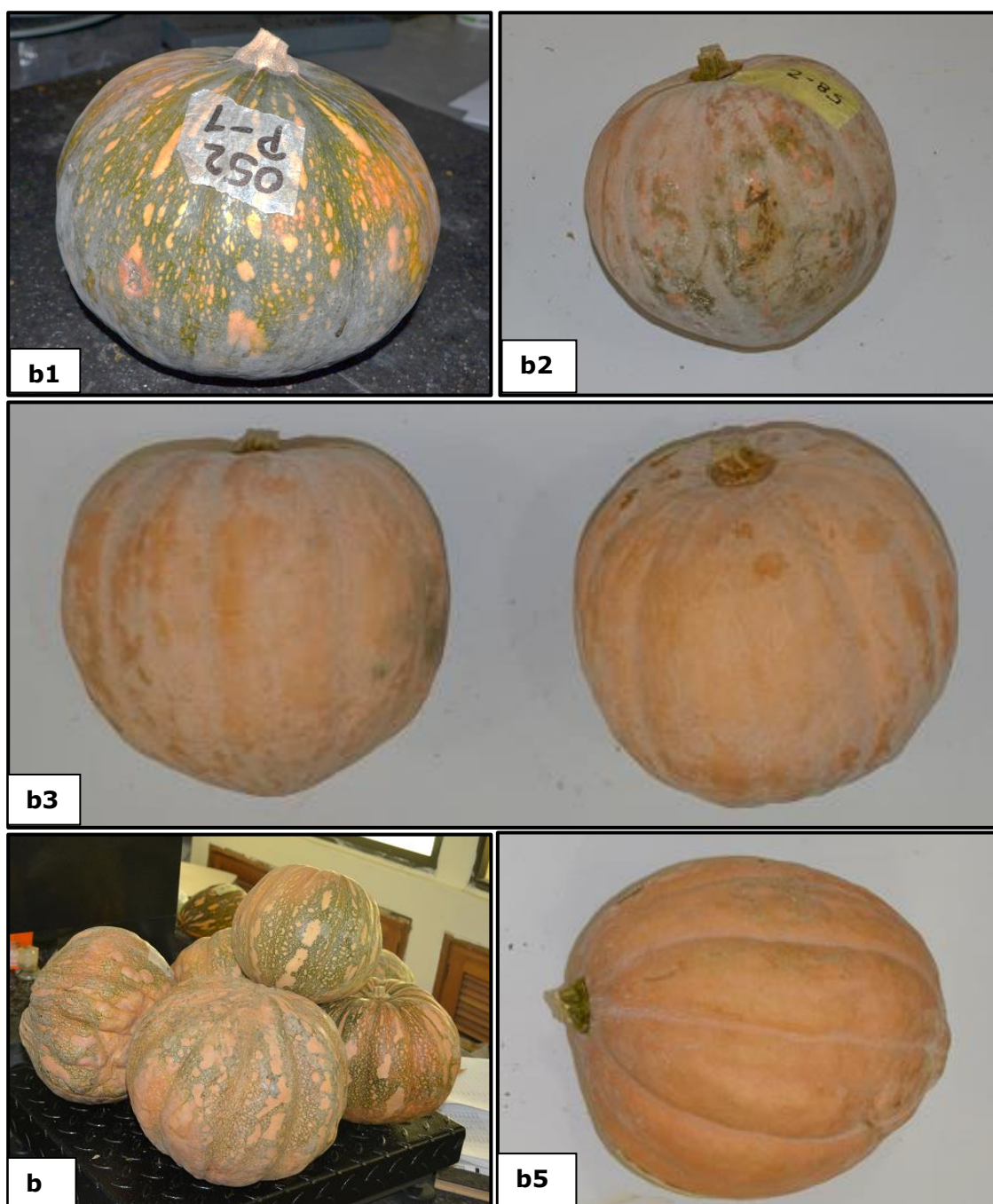
Fuente: a. Elaboración propia; b. Ramos et al. (2010)

Figura 33. Comercialización de ahuyama en plazas de mercado. a. Condición típica de la comercialización de la ahuyama en mercados de la región Caribe de Colombia (frutos sin clasificar); b. Característica cotidiana de las plazas de mercado en Brasil (frutos clasificados por variedad y forma).



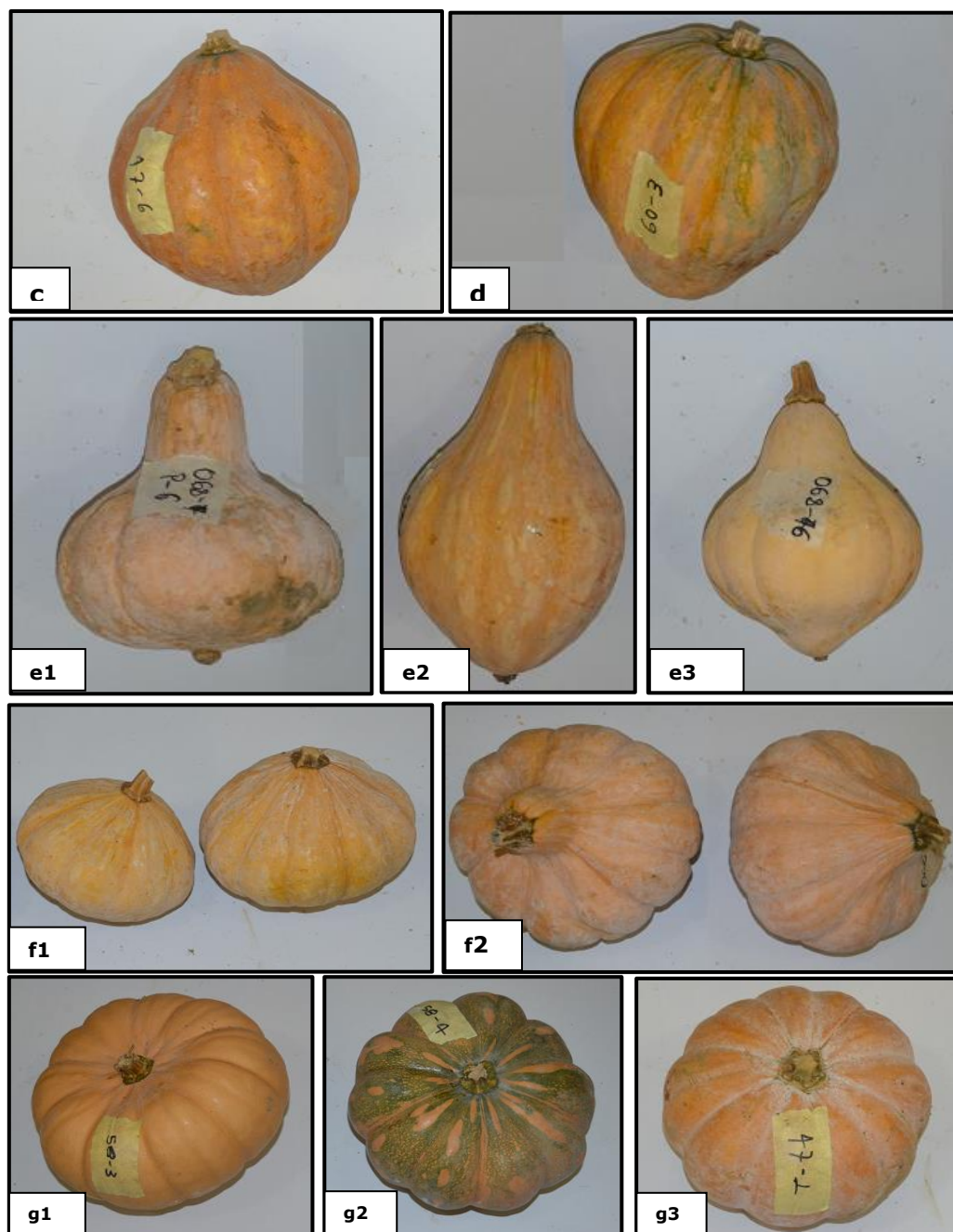
Fuente: Elaboración propia

Figura 34. Clasificación por formato de frutos en genotipos regionales de ahuyama. a1. Alargados; a2. Alargados tipo calabaza criolla.



Fuente: Elaboración propia

Figura 35. Clasificación por formato de frutos en genotipos regionales de ahuyama. b. Redondos.



Fuente: Elaboración propia

Figura 36. Clasificación por formato de frutos en genotipos regionales de ahuyama. c. tipo bellota. d. forma de corazón, e. piriformes, f. discoides, g. aplanados (tipo pastelito).

La comercialización de ahuyama en la región Caribe es una actividad altamente informal, razón por la cual no se cuenta con criterios de calidad de frutos para el mercado de consumo fresco. Sin embargo, para el Valle del Cauca, algunos autores (Ortiz et al., 2013; Tobar, Vallejo, & Baena, 2010; Valdés, Ortiz, Baena, & Vallejo, 2010; Vallejo, Baena, Ortiz, Estrada, & Tobar, 2010) han propuesto los siguientes parámetros de calidad para frutos de ahuyama para el mercado de consumo en fresco: 1) peso de entre 2 y 3 kg, 2) grosor de la pulpa mayor o igual a 39 mm, 3) diámetro de la cavidad placentaria menor o igual a 130 mm, 4) materia seca de la pulpa mayor al 10 %, 5) porcentaje de pulpa mayor o igual al 40 % y 6) color de la pulpa entre amarillo y salmón (figura 35).



Figura 37.. Tabla de colores de Roche para evaluación del color de la pulpa en ahuyama.

Valores de 7 y 8: amarillo intermedio; valores de 9, 10 y 11: amarillo intenso; valores de 12 y 13: naranja intermedio; valores de 14 y 15: naranja intenso

Fuente: UNAL Palmira

Aunque en la actualidad la producción de ahuyama en la región Caribe está destinada principalmente para el mercado de consumo fresco, diversas investigaciones a nivel nacional señalan un gran potencial de la ahuyama como materia prima para la elaboración de productos agroindustriales tanto para consumo humano, tales como mermeladas, purés, cereales, harinas, salsas, compotas y harinas, entre otras (figura 36), como para la alimentación animal, como concentrados y dietas en fresco. Para este último segmento del mercado

agroindustrial, la ahuyama puede proyectarse como alternativa ante la creciente y costosa importación de torta de grano de maíz, que se utiliza en la elaboración de los concentrados para la nutrición animal, debido a que los frutos de ahuyama son un producto altamente energético que cuando se deshidrata completamente puede competir con el maíz (Estrada, 2003; Luna Méndez, Vallejo, Valdés, & Ortiz, 2014; Ortiz et al., 2013; Ubaque et al., 2014).



Figura 38. Ejemplo de algunos productos agroindustriales a base de ahuyama. a. Mermeladas; b. Cereales; c. Cremas; d. Purés; e1. Semillas; e2. Harina de semillas.

Fuente: Elaboración propia a partir de
anunciantes de las respectivas marcas

Capítulo XII

Indicadores económicos

Para toda iniciativa agrícola productiva con fines económicos, además de los conocimientos sobre los aspectos técnicos del cultivo vistos en los capítulos anteriores, es imperativo contar con u obtener información sobre aspectos financieros y de mercado, a fin de determinar la viabilidad del plan de negocios. Sobre este propósito, este capítulo busca aportar información relevante que ayude a los asistentes técnicos y agricultores en la toma de decisiones desde el ámbito económico. Por ello, se plasman los resultados de investigación obtenidos por AGROSAVIA sobre los costos de producción de ahuyama en cuatro zonas representativas de la región Caribe, así como la estimación de los principales indicadores económicos a tener en cuenta en la inversión del cultivo, tales como costos unitarios, ingresos brutos y netos, rentabilidad y punto de equilibrio (tabla 43). Complementariamente, se mostrará un análisis de la información sobre el abastecimiento y los precios de la ahuyama en las principales plazas de mercado a nivel regional.

Los patrones de costos fueron obtenidos a partir de talleres realizados con miembros de asociaciones de productores de ahuyama (Asphas, Aproagro, Asotravesía y Tierra de Zapallos) aplicando el método del consenso, que consiste en la ejecución de las siguientes etapas: 1) listado de actividades y definición de la tecnología que utiliza el productor; 2) definición de unidades a tener en cuenta en el proceso de construcción de patrones de costos; 3) construcción de los patrones de costos por consenso, de acuerdo con la tecnología definida en la primera etapa, y 4) ponderación de los diferentes componentes del sistema de producción (tablas 44-47). En resumen, los costos de producción oscilan entre 1,5 y 3,8 millones de pesos, y son las labores agrícolas el rubro de mayor participación (62 %-70 %) sobre los costos totales. Los insumos muestran una baja (4 %, 11 % y 14 %) y moderada (24 %) participación en la estructura de costos, lo que en términos monetarios oscila entre 142.000 y 347.000 pesos colombianos (COP); por su parte, los costos indirectos no superaron el 13 %. Así mismo, a nivel de asociaciones, los indicadores económicos mostraron diferencias importantes en términos de costos unitarios (91.964-293.517 COP),

ingresos netos (734.280-3.744.650 COP) y rentabilidad (19 %-226 %) (tabla 48). Finalmente, se concluye que los costos del cultivo son compatibles con la realidad económica del productor, dado que las inversiones a realizar están representadas principalmente por la compra de insumos agrícolas y por el pago de cerca del 35 % de los jornales del cultivo, ya que los mismos agricultores realizan la mayoría de las labores agrícolas.

Tabla 43. Conceptos y ecuaciones para el cálculo de algunos parámetros económicos

Concepto	Sigla	Definición aplicada	Fórmula
Costos de producción	Cp	Corresponde a la sumatoria de todos los gastos que realiza el agricultor en el establecimiento y manejo de su cultivo o unidad de producción, que generalmente es de una hectárea. Es decir, los costos de producción corresponden a los costos directos e indirectos.	$CP = \text{costos directos} + \text{costos indirectos}$
Costos directos	Cd	También conocidos como costos variables, son aquellos gastos que están directamente asociados con el manejo de la unidad productiva y que tienen un efecto proporcional en sus rendimientos. Por ejemplo, la cantidad de semilla que se siembra en un lote influirá directamente en el número de plantas por hectárea y, por consiguiente, en la productividad; por tanto, los gastos de compra de semillas son considerados como un costo directo. Los gastos de agroquímicos (fertilizantes, herbicidas, insecticidas y fungicidas, entre otros), el pago del agua de riego, el pago de jornales por una labor y el costo de algunas herramientas son otros ejemplos de costos directos.	$Cd = \text{labores} + \text{insumos} + \text{herramientas y equipos}$
Costos indirectos	Ci	También llamados costos fijos, hacen referencia a gastos que realiza el agricultor en el cuidado o la administración de su unidad productiva pero que no tienen un efecto directo sobre los rendimientos del cultivo. Por ejemplo, si un agricultor paga 50.000 COP en el alquiler de una hectárea de tierra para establecer un cultivo, este costo permanecerá fijo sin importar los rendimientos que se generen en esa hectárea. El pago de algunos servicios como vigilancia, asistencia técnica, seguros de cosechas y la depreciación de herramientas de trabajo (machetes, limas, palas, carretilla...) constituye otro ejemplo de costos indirectos.	$Ci = \text{arriendos} + \text{servicios} + \text{costos financieros} + \text{depreciaciones}$

Continúa

Continuación tabla 43

Rendimiento	Rto	Se obtienen sumando el peso de todas las cosechas que se realizaron en la unidad productiva durante un ciclo de cultivo, y cuyo resultado se representa en toneladas por hectárea (t/ha) o kilos por hectárea (kg/ha). Por ejemplo, en un ciclo de un cultivo de ahuyama, un agricultor realizó cuatro pases de cosecha y obtuvo un rendimiento total de 10 t/ha.	Rto = pase de cosecha 1 + pase de cosecha 2 + pase de cosecha 3, etc.
Precio de venta	Pv	Se refiere al valor por el cual el agricultor vende la producción que obtuvo en su unidad productiva durante un ciclo de cultivo. El precio de venta está por lo general condicionado a las dinámicas de mercado, en las que intervienen la oferta y la demanda, lo cual indica que, durante diferentes pases de cosecha en un cultivo, se pueden presentar diferentes precios de venta. Por lo general, el precio de venta se expresa en pesos por un kilogramo de producto (COP/1 kg) o en pesos por una tonelada de producto (COP/1 t), y cuando se presentan varios precios de venta en un ciclo de cultivo, se debe obtener el precio de venta promedio entre el número de observaciones analizadas.	
Costos unitarios	Cu	Se refieren al valor promedio que, a cierto nivel de rendimientos en la unidad productiva, cuesta producir una unidad de un producto. Para un cultivo determinado, el costo unitario se obtiene dividiendo el costo de producción (Cd + Ci) entre los rendimientos del cultivo en un ciclo. Los costos unitarios se expresan generalmente en pesos por un kilo del producto (COP/1 kg). Ejemplo hipotético: producir 1 kg de ahuyama cuesta 150 COP.	CU = costos de producción/rendimiento
Ingresos brutos	Ib	Representan la cantidad de dinero o ingresos que recibe el agricultor como resultado de vender los productos de su unidad productiva, sin descontar de estos los gastos que representan los costos de producción. Los ingresos brutos	Ib = rendimiento x precio de venta

Continúa

Continuación tabla 43

		se obtienen al multiplicar los rendimientos de la unidad productiva por el precio de venta del producto, cuyo resultado se expresa en COP.	
Ingresos netos	In	A diferencia de los ingresos brutos, estos representan la ganancia real que recibe el agricultor como resultado de vender la producción de su unidad productiva al restar de los ingresos brutos los costos de producción. En caso de que los ingresos netos sean igual a cero o den constantemente como resultado una cifra negativa, se recomienda reevaluar y analizar la actividad económica que se está desempeñando, ya que se estaría recibiendo menor dinero del que se está invirtiendo.	$In = \text{ingresos brutos} - \text{costos de producción}$
Rentabilidad	Rta	Se refiere al nivel porcentual de utilidad que obtiene el agricultor sobre la cantidad de dinero invertida en su unidad productiva; es decir, es la ganancia por cada peso que se invierte en el cultivo. La rentabilidad se obtiene de restar del precio de venta el costo unitario y de dividir este resultado por el precio de venta; al final, el resultado obtenido se multiplica por 100 % para obtener la rentabilidad porcentual.	$Rta = [(Pv - Cu)/Pv] \times 100$
Punto de equilibrio	PEq	A nivel agrícola, el punto de equilibrio es un indicador de referencia que ayuda al agricultor a estimar la cantidad mínima de producto que debe generar en su unidad productiva y que, al ser vendida a un determinado precio, pueda cubrir la totalidad de los costos de producción. El resultado generalmente se expresa en toneladas o kilogramos de producto. A precios de venta constantes, rendimientos por debajo del punto de equilibrio representarán pérdidas para el agricultor, y por encima, ganancias.	$PEq = \text{costos de producción} / \text{precio de venta}$

Fuente: Casilimas et al. (2012), Zúñiga-González (2011), Krugman y Wells (2006) y Navarro y Nave (2001)

Tabla 44. Costos de producción por hectárea estimados para la asociación de agricultores Tierra de Zapallos, del corregimiento Pueblo Bujo, Montería, Córdoba, año 2017

	Concepto	Cant.	Und.	V. unit. (COP)	V. tot. (COP)	Part. (%)
Costos directos					1.345.700	91
Labores	Macaneo: control de malezas manual previo a la preparación del terreno	10	Jornal	15.000	150.000	10,2
	Despalar (despalite): recolección de palos y limpieza del lote	6	Jornal	15.000	90.000	6,1
	Aplicación de control de plagas en presiembra	1	Jornal	15.000	15.000	1,0
	Siembra directa (incluye ahoyado)	5	Jornal	15.000	75.000	5,1
	Aplicación de herbicida (1.º plateo químico de malezas)	6	Jornal	15.000	90.000	6,1
	Aplicación de control químico a malezas entre calles	5	Jornal	15.000	75.000	5,1
	1.ª fertilización (edáfica) del cultivo a los 20 DDS	1	Jornal	15.000	15.000	1,0
	1.º control manual de malezas (limpieza de conejos)	4	Jornal	15.000	60.000	4,1
	Aplicación de la 2.ª fertilización (foliar) del cultivo a los 40 DDS	2	Jornal	15.000	30.000	2,0
	Aplicación de control de plagas en el cultivo (<i>Diaphania</i> spp.)	1	Jornal	15.000	15.000	1,0
	Cosecha del cultivo (hasta 4 pases)	8	Jornal	15.000	120.000	8,2
	Transporte interno y apilone de la cosecha	12	Jornal	15.000	180.000	12,2
Subtotal de labores					915.000	62
Insumos	Lorsban líquido ¹ : aplicación en presiembra para control de plagas	100	cm ³ /ha	30	3.000	0,2
	Semilla de cultivares nativos obtenida de cultivos anteriores	1	Jornal	15.000	15.000	1,0
	Gramoxone o Gramafin ² : 1.º control químico (plateo) de malezas	2.000	cm ³ /ha	19	38.000	2,6
	Glifosato ³ : 1.º control químico de malezas entre calles	4.000	cm ³ /ha	12	48.000	3,3
	Urea + Triple 15: 1.ª fertilización a 10 g/planta (5 g + 5 g)	5	kg/ha	2.740	13.700	0,9
	Boro ⁴ + Formador ⁵ 2000 sc: 2.ª fertilización (1 L + 1 L)	2	L/ha	20.000	40.000	2,7
	Exalt ⁶ 60 sc: control de plagas en el cultivo (<i>Diaphania</i> spp.)	500	cm ³ /ha	348	174.000	11,8
	Costales para cosecha	20	Unidad	700	14.000	1,0

Continúa

Continuación tabla 44

	Rollo de pita para amarrar los sacos	1	Unidad	2.000	2.000	0,1
	Subtotal de insumos				347.700	24
Equipos y herramientas	Bomba de fumigación (herbicidas + pesticidas)	2	Unidad	35.000	70.000	4,8
	Machete	1	Unidad	10.000	10.000	0,7
	Palín	1	Unidad	3.000	3.000	0,2
	Subtotal de equipos y herramientas				83.000	6
	Costos indirectos				127.235	9
	Arriendo del terreno	1	ha/ciclo	60.000	60.000	4,1
	Costos financieros (5 % de costos directos)	1	COP/ciclo	67.285	67.285	4,6
	Otros			-	-	-
	Subtotal de costos indirectos				127.285	9
	Costos totales				1.472.985	100

¹ Clorpirifos (insecticida); ² Paraquat (herbicida); ³ Glifosato (herbicida); ⁴ fertilizante inorgánico; ⁵ fertilizante compuesto foliar;

⁶ Spinetoram (insecticida)

Cant.: cantidad; und.: unidad; v. unit.: valor unitario; v. tot.: valor total; part.: participación

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 45. Costos de producción por hectárea estimados para la Asociación de Productores Agropecuarios Atnamana II Zona Agrícola (Aproagro), del municipio de Maicao, La Guajira, año 2017

	Concepto	Cant.	Und.	V. unit. (COP)	V. tot. (COP)	Part. (%)
Costos directos					1.550.333	87
Labores	Rastra	2	Pase/ha	60.000	120.000	6,7
	Corta maleza: control de malezas mecanizado	1	Pase/ha	60.000	60.000	3,4
	Siembra	1	Jornal	30.000	30.000	1,7
	Resiembra	0,5	Jornal	25.000	12.500	0,7
	Aplicación de control químico de malezas (plateo y callejones)	3	Jornal	25.000	75.000	4,2
	Fertilización en el cultivo	1	Jornal	25.000	25.000	1,4
	Control manual de malezas	2	Jornal	25.000	50.000	2,8
	Aplicación de pesticidas (insecticidas y fungicidas)	2	Jornal	25.000	50.000	2,8
	Cosechas: tres pases/semana	14	Jornal	30.000	420.000	23,6
	Asistencia al cultivo (visita técnica)	2	Visita	150.000	300.000	16,9
Subtotal de labores					1.142.500	64
Insumos	Panzer (Glifosato)	4	L/ha	15.000	60.000	3,4
	Gramoxone (Paraquat)	4	L/ha	15.000	60.000	3,4
	Semilla de cultivares nativos o criollos.	1	Libra	30.000	30.000	1,7
	Fertilizante 10-20-20	0,5	Bulto	85.000	42.500	2,4
	Exalt ¹ 60 sc: control de plagas (<i>Diaphania</i> spp.)	1	Frasco/100 cm ³	43.000	43.000	2,4
Subtotal de insumos					235.500	13
Equipos y herramientas	Bombas de espalda	2	Unidad	53.333	106.666	6,0
	Machete	1	Unidad	4.000	4.000	0,2
	Lima	1	Unidad	5.000	5.000	0,3
	Guantes y botas	1	Kit	16.667	16.667	0,9
	Carretilla	1	Unidad	40.000	40.000	2,2
Subtotal de equipos y herramientas					172.333	10

Continúa

Continuación tabla 45

Costos indirectos				227.517	13
Arriendo del terreno	1	ha/ciclo	150.000	150.000	8,4
Costos financieros (5 % de costos directos)	1	COP/ciclo	77.517	77.517	4,4
Otros			-	-	-
Subtotal de costos indirectos				227.517	13
Costos totales				1.777.850	100

¹ Spinetoram (insecticida). Cant.: cantidad; und.: unidad; v. unit.: valor unitario; v. tot.: valor total; part.: participación.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 46. Costos de producción por hectárea estimados para la Asociación de Pequeños Productores y Comercializadores Agropecuarios y Pesqueros de La Travesía (Asotravesía), municipio de Mompo, Bolívar, año 2017

	Concepto	Cant.	Und.	V. unit. (COP)	V. tot. (COP)	Part. (%)
Labores	Costos directos				2.258.000	91
	Pase de rastra	3	Hectárea	80.000	240.000	9,7
	Siembra directa de semillas y piteado	3	Jornal	25.000	75.000	3,0
	Plateo o engoliye + guiado (si se necesita)	6	Jornal	25.000	150.000	6,1
	Primera aplicación foliar de fertilizante (Tottal) + insecticida (Regent o Lorsban)	3	Jornal	25.000	75.000	3,0
	Primera aplicación de herbicida	4	Jornal	25.000	100.000	4,0
	Segunda aplicación foliar de fertilizante (Tottal) + insecticida (Regent o Lorsban)	3	Jornal	25.000	75.000	3,0
	Segunda aplicación de herbicida (Gramoxone o Estelar)	6	Jornal	25.000	150.000	6,1
	Primer guiado de planta	2	Jornal	25.000	50.000	2,0
	Segundo guiado de planta	2	Jornal	25.000	50.000	2,0
	Aplicación de insecticidas (seis aplicaciones)	18	Jornal	25.000	450.000	18,2
	Primer pase de cosecha	3	Jornal	25.000	75.000	3,0
	Segundo pase de cosecha	6	Jornal	25.000	150.000	6,1
	Tercer pase de cosecha	4	Jornal	25.000	100.000	4,0
	Subtotal de labores				1.740.000	70
Insumos	Gramoxone o Estelar	2	Galón	55.000	110.000	4,5
	Semillas del propio cultivo	1	Jornal	25.000	25.000	1,0
	Fertilizante foliar Tottal	1	L/ha	22.000	22.000	0,9
	Regent 200 sc (Fipronil)	3	Frasco/250 cm ³	50.000	150.000	6,1
	Insecticida Lorsban (Clorpirifos)	1	Frasco/250 cm ³	10.000	10.000	0,4
	Fertilizante Desarrollo	1	kg	12.000	12.000	0,5
	Sacos tres rayas	3	Unidad	3.000	9.000	0,4
	Subtotal de insumos				338.000	14

Continúa

Continuación tabla 46

Equipos y herramienta	Bombas de espalda	2	Unidad	80.000	160.000	6,5
	Palín	1	Unidad	5.000	5.000	0,2
	Machete	3	Unidad	4.000	12.000	0,5
	Lima	1	Unidad	3.000	3.000	0,1
	Subtotal de equipos y herramientas				180.000	7
Costos indirectos					212.900	9
Arriendo del terreno		1	ha/ciclo	100.000	100.000	4,0
Costos financieros (5 % de costos directos)		1	COP/ciclo	112.900	112.900	4,6
Otros				-	-	-
Subtotal de costos indirectos					212.900	9
Costos totales				2.470.900	100	

¹ Spinetoram (insecticida).

Cant.: cantidad; und.: unidad; v. unit.: valor unitario; v. tot.: valor total; part.: participación

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 47. Costos de producción por hectárea estimados para la Asociación de Productores Hortofrutícola del alto San Jorge (Asphas), del municipio La Apartada, Córdoba, año 2017

Concepto		Cant.	Und.	V. unit. (COP)	V. tot. (COP)	Part. (%)
Costos directos					3.348.305	88
Labores	Adecuación del terreno: cortamalezas con máquina	1	Hectárea	200.000	200.000	5,2
	Adecuación del terreno: pique y despallite	8	Jornal	22.000	176.000	4,6
	Control químico de malezas	4	Jornal	22.000	88.000	2,3
	Trazado y ahoyado del lote	4	Jornal	22.000	88.000	2,3
	Siembra	5	Jornal	22.000	110.000	2,9
	Aplicación del primer control de plagas (trozadores)	4	Jornal	22.000	88.000	2,3
	Desmachar: raleo	4	Jornal	22.000	88.000	2,3
	Aplicación de la primera fertilización del cultivo	1	Jornal	22.000	22.000	0,6

Continúa

Continuación tabla 47

	Primer guiado de ramas	4	Jornal	22.000	88.000	2,3
	Control de malezas manual: plateo	8	Jornal	22.000	176.000	4,6
	Segundo guiado de ramas	6	Jornal	22.000	132.000	3,5
	Aplicación de la segunda fertilización del cultivo	8	Jornal	22.000	176.000	4,6
	Aplicación de la primera abonada al pie de la planta	3	Jornal	22.000	66.000	1,7
	Aplicación de la segunda abonada al pie de la planta	6	Jornal	22.000	132.000	3,5
	Aplicación de la tercera abonada al pie de la planta	9	Jornal	22.000	198.000	5,2
	Primera aplicación de Progibb (ácido giberélico), en la segunda abonada	1	Jornal	22.000	22.000	0,6
	Segunda aplicación de Progibb (ácido giberélico), en la tercera abonada	1	Jornal	22.000	22.000	0,6
	Aplicación del segundo control de plagas	6	Jornal	22.000	132.000	3,5
	Aplicación tercer control de plagas	6	Jornal	22.000	132.000	3,5
	Primer pase de cosecha	8	Jornal	25.000	200.000	5,2
	Segundo pase de cosecha	4	Jornal	25.000	100.000	2,6
	Tercer pase de cosecha	3	Jornal	25.000	75.000	2,0
	Subtotal de labores				2.511.000	66
Insumos	Glifosato/Glifosol	5	Litro	11.000	55.000	1,4
	Semilla de cultivares nativos obtenida de cultivos anteriores	1	Jornal	22.000	22.000	0,6
	Opción 1: Imidogen 350 SC (Imidacloprid)	15	cm ³ /ha	180	2.700	0,1
	Opción 2: Bangot 50 EC (Lufenuron) + Lorsban (Clorpirifos) (5 cm ³ + 5 cm ³)	10	cm ³ /ha	112	1.120	0,0
	Primera fertilización (foliar): Desarrollo ¹ + Ridomil ² (10 g + 10 g)	20	Gramo	28	560	0,0
	Segunda fertilización (foliar): Producción ³ + Ridomil + Carbenzim ⁴ (10 g: 10 g: 5 g)	75	Gramo	59	4.425	0,1
	Tercera fertilización (en <i>drench</i>): DAP + KCl + Urea (1 kg + 1 kg + 1 kg)/caneca 12 latas	3	Kilo	4.500	13.500	0,4
	Progibb (ácido giberélico)	20	Gramo	650	13.000	0,3
	Regent (Fipronil) o Engeo ⁵ : primer control de plagas (<i>Diaphania</i> spp.)	75	cm ³ /ha	200	15.000	0,4

Continúa

Continación tabla 47

Regent (Fipronil) o Engeo: segundo control de plagas (<i>Diaphania</i> spp.)		75	cm ³ /ha	200	15.000	0,4
Subtotal de insumos					142.305	4
Equipos y herramientas	Bomba de espalda	1	Unidad	73.333	73.333	1,9
	Palín	1	Unidad	6.667	6.667	0,2
	Machete	1	Unidad	5.000	5.000	0,1
	Motobomba (HP)	1	Unidad	180.000	180.000	4,7
	Manguera (pulgadas)	200	Metro	2.000	400.000	10,5
	Empaques: sacos	10	Unidad	3.000	30.000	0,8
Subtotal de equipos y herramientas					695.000	18
Costos indirectos					467.415	12
Arriendo del terreno		1	ha/ciclo	300.000	300.000	7,9
Costos financieros (5 % de costos directos)		1	COP/ciclo	167.415	167.415	4,4
Otros				-	-	-
Subtotal de costos indirectos					467.415	12
Costos totales					3.815.720	100

¹ fertilizante foliar compuesto (28-7-12); ² Metalaxyl-M + Mancozeb (fungicida); ³ fertilizante foliar compuesto (10-20-30); ⁴ Carbendazim (fungicida); ⁵ Thiametoxan + Lambda-Cyhalothrin (insecticida)

Cant.: cantidad; und.: unidad; v. unit.: valor unitario; v. tot.: valor total; part.: participación

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 48. Resumen de costos de producción e indicadores económicos por hectárea para cuatro asociaciones de agricultores de ahuyama en zonas productoras del Caribe colombiano

Concepto	Tierra de Zap.***		Aproagro*		Asotravesía*		Asphas**	
	COP	P (%)	COP	P (%)	COP	P (%)	COP	P (%)
Costos de producción								
Costos directos	1.345.700	91	1.550.333	87	2.258.000	91	3.348.305	88
Labores ⁺	915.000	62	1.142.500	64	1.740.000	70	2.511.000	66
Insumos	347.700	23	235.500	13	338.000	14	142.305	4
Equipos y herramientas	83.000	6	172.333	10	180.000	7	695.000	18
Costos indirectos	127.285	9	227.517	13	212.900	9	467.415	12
Arriendo del terreno	60.000	4	150.000	8,4	100.000	4	300.000	8
Costos financieros	67.285	5	77.517	4,4	112.900	5	167.415	4
Otros	-	-	-	-	-	-	-	-
Costos totales	1.472.985	100	1.777.850	100	2.470.900	100	3.815.720	100
Indicadores económicos								
Rendimientos (t/ha)	8		18		9		13	
Precio de venta (COP/t)	350.000		300.000		375.000		350.000	
Costo unitario (COP/t)	184.123		98.769		268.576		293.517	
Ingreso bruto (COP/ha)	2.800.000		5.400.000		3.450.000		4.550.000	
Ingreso neto (COP/ha)	1.327.015		3.622.150		979.100		734.280	
Rentabilidad (%)	90,1		203,7		39,6		19,2	
Punto de equilibrio (t/ha)	4,2		5,9		6,6		10,9	

P: participación sobre los costos totales

Valor del jornal en el año 2017 (COP): * 25.000; ** 22.000; *** 15.000

⁺ El número de jornales para la ejecución de las labores agrícolas fue de 62, 24, 61 y 104 para Tierra de Zapallos, Aproagro, Asotravesía y Asphas, respectivamente

Fuente: Orozco et al. (2019).

En la región Caribe de Colombia, Barranquilla es considerada como la principal plaza de mercado de productos agrícolas. En el periodo 2013-2017 se comercializaron alrededor de 17.800 toneladas de ahuyama, cuyo abastecimiento fue provisto en un 98,7 % por los departamentos de la misma región, de los cuales Bolívar y Magdalena fueron los principales proveedores del producto (tabla 49). Los precios mensuales para las principales plazas de mercado de la región se relacionan en la tabla 50. En resumen, estos precios oscilaron entre 421 y 1.242 COP, con una media general global de 717 COP, y el mercado de Cartagena fue el que presentó precios medios más altos (tablas 50 y 51). Así mismo, el análisis de los precios por trimestre muestra una tendencia de precios por debajo de la media general en el primer trimestre del año (enero-marzo) para todas las plazas de mercado, lo que se explica en gran parte por la sobreoferta de producción para este periodo, y por tanto, estos meses son los más desfavorables para la comercialización de ahuyama; el tercer trimestre del año (julio-septiembre), por su parte, es el que registra los mejores precios para casi todas las plazas de mercado de la región Caribe (figura 39).

Tabla 49. Abastecimiento de ahuyama en el mercado de Barranquilla por municipio, en toneladas, periodo 2013-2017

Municipios por departamento	2013	2014	2015	2016	2017	Total	Part. (%)
Bolívar						7.239	40,7
Magangué	1.155	1.888	1.706	1.520	699	6.968	
María La Baja	28	34	31	38	8	139	
El Carmen de Bolívar	9	2	0	14	15	40	
Otros	21	6	19	25	21	92	
Magdalena						7.216	40,5
El Banco	953	632	1.492	1.290	1.327	5.694	
Fundación	507	156	46	60	124	893	
Zona Bananera	77	42	112	9	96	336	

Continúa

Continuación tabla 49

Ciénaga	42	38	7	0	13	100	
Otros	44	31	12	25	81	193	
Cesar						1.693	9,5
El Copey	74	58	40	326	424	922	
Aguachica	23	8	95	134	252	512	
Otros	47	5	11	85	111	259	
Córdoba						555	3,1
Montería	3	3	42	310	88	446	
Otros	0	5	35	47	22	109	
Atlántico						494	2,8
Campo de La Cruz	68	34	15	44	61	222	
Repelón	10	0	11	13	129	163	
Otros	43	11	5	10	40	109	
Sucre						236	1,3
Buenavista	59	0	0	5	12	76	
Otros	23	2	36	55	44	160	
La Guajira						172	1,0
Maicao	60	11	0	5	38	114	
Otros	26	17	4	1	10	58	
Resto del país	7	23	19	78	65	192	1,1
Total	3.280	3.005	3.738	4.093	3.681	17.797	
Región Caribe	99,8 %	99,2 %	99,5 %	98,1 %	98,2 %	98,9 %	

Part.: participación

Fuente: Elaboración propia a partir de Sistema de Información de Precios (Sipsa)-Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2018).

Tabla 50. Promedio de precios mensuales por kilogramo de ahuyama en las principales plazas de mercado de la región Caribe de Colombia, en cop, periodo 2013-2017

	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Mercado de Barranquilla, Barranquillita												
2013	552	597	490	535	607	627	692	-	857	472	516	517
2014	485	475	475	437	429	495	614	900	1.365	588	516	481
2015	439	468	530	482	446	537	855	1.197	1.400	1.040	1.023	779
2016	599	454	449	840	1.430	1.429	931	612	541	640	750	743
2017	772	715	829	785	490	853	1.328	1.446	1.361	623	530	583
Promedio	569	542	555	616	680	788	884	1.039	1.105	673	667	621
Mínimo	439	454	449	437	429	495	614	612	541	472	516	481
Máximo	772	715	829	840	1.430	1.429	1.328	1.446	1.400	1.040	1.023	779
Mercado de Barranquilla, Granabastos												
2013	601	625	555	541	646	644	680	698	872	513	527	546
2014	509	497	494	497	457	551	638	918	1.462	629	558	553
2015	501	482	550	495	480	576	867	1.100	1.438	1.107	1.074	741
2016	643	549	500	834	1.432	1.631	1.065	593	572	716	705	875
2017	831	763	834	851	484	919	1.323	1.440	1.524	830	607	639
Promedio	617	583	587	644	700	864	915	950	1.174	759	694	671
Mínimo	501	482	494	495	457	551	638	593	572	513	527	546
Máximo	831	763	834	851	1.432	1.631	1.323	1.440	1.524	1.107	1.074	875
Mercado de Cartagena, Bazurto												
2013	638	690	591	615	667	696	685	767	788	742	776	761
2014	688	635	632	618	586	696	728	880	1.220	913	664	680
2015	676	590	658	624	582	601	816	1.067	1.387	1.292	1.167	840
2016	679	607	600	597	820	1.714	1.676	1.643	571	571	628	806
2017	843	786	816	844	888	982	1.049	1.134	1.249	1.221	757	713
Promedio	705	662	659	660	709	938	991	1.098	1.043	948	798	760
Mínimo	638	590	591	597	582	601	685	767	571	571	628	680

Continúa

Continuación tabla 50

Máximo	843	786	816	844	888	1.714	1.676	1.643	1.387	1.292	1.167	840
Mercado de Montería, Mercado del Sur												
2013	598	600	600	600	673	717	814	766	653	610	509	468
2014	467	475	474	527	466	522	562	531	550	386	405	311
2015	300	300	300	330	558	418	763	697	750	602	636	488
2016	500	484	467	485	-	-	963	551	397	331	377	407
2017	425	491	537	752	760	711	785	942	867	698	510	433
Promedio	458	470	476	539	614	592	777	697	643	525	487	421
Mínimo	300	300	300	330	466	418	562	531	397	331	377	311
Máximo	598	600	600	752	760	717	963	942	867	698	636	488
Mercado de Sincelejo, Nuevo Mercado												
2013	429	478	474	483	498	579	597	584	641	534	438	396
2014	421	410	438	412	408	420	499	721	1.114	487	426	415
2015	450	450	514	503	502	525	676	968	1.121	1.035	1.054	833
2016	638	605	600	689	1.144	1.344	1.021	643	523	531	578	578
2017	597	598	692	691	529	659	1.275	1.300	1.200	800	646	600
Promedio	507	508	544	556	616	705	814	843	920	677	628	564
Mínimo	421	410	438	412	408	420	499	584	523	487	426	396
Máximo	638	605	692	691	1.144	1.344	1.275	1.300	1.200	1.035	1.054	833
Mercado de Santa Marta												
2016	--	--	557	887	1.525	1.561	995	703	520	565	604	714
2017	643	536	667	750	500	922	1.036	1.333	1.321	629	536	554
Promedio	643	536	612	819	1.013	1.242	1.016	1.018	921	597	570	634
Mínimo	643	536	557	750	500	922	995	703	520	565	536	554
Máximo	643	536	667	887	1.525	1.561	1.036	1.333	1.321	629	604	714
Mercado de Valledupar, Mercado Nuevo												
2013	631	613	563	532	601	608	670	576	685	504	460	461
2014	482	501	450	471	458	485	608	696	1.156	688	542	561
2015	495	494	541	516	514	570	790	1.077	1.275	1.005	892	685

Continúa

Continuación tabla 50

2016	547	466	504	865	1.446	1.453	924	522	517	549	633	580
2017	596	579	779	691	482	925	1.031	1.046	1.123	635	495	527
Promedio	550	531	567	615	700	808	804	783	951	676	604	563
Mínimo	482	466	450	471	458	485	608	522	517	504	460	461
Máximo	631	613	779	865	1.446	1.453	1.031	1.077	1.275	1.005	892	685

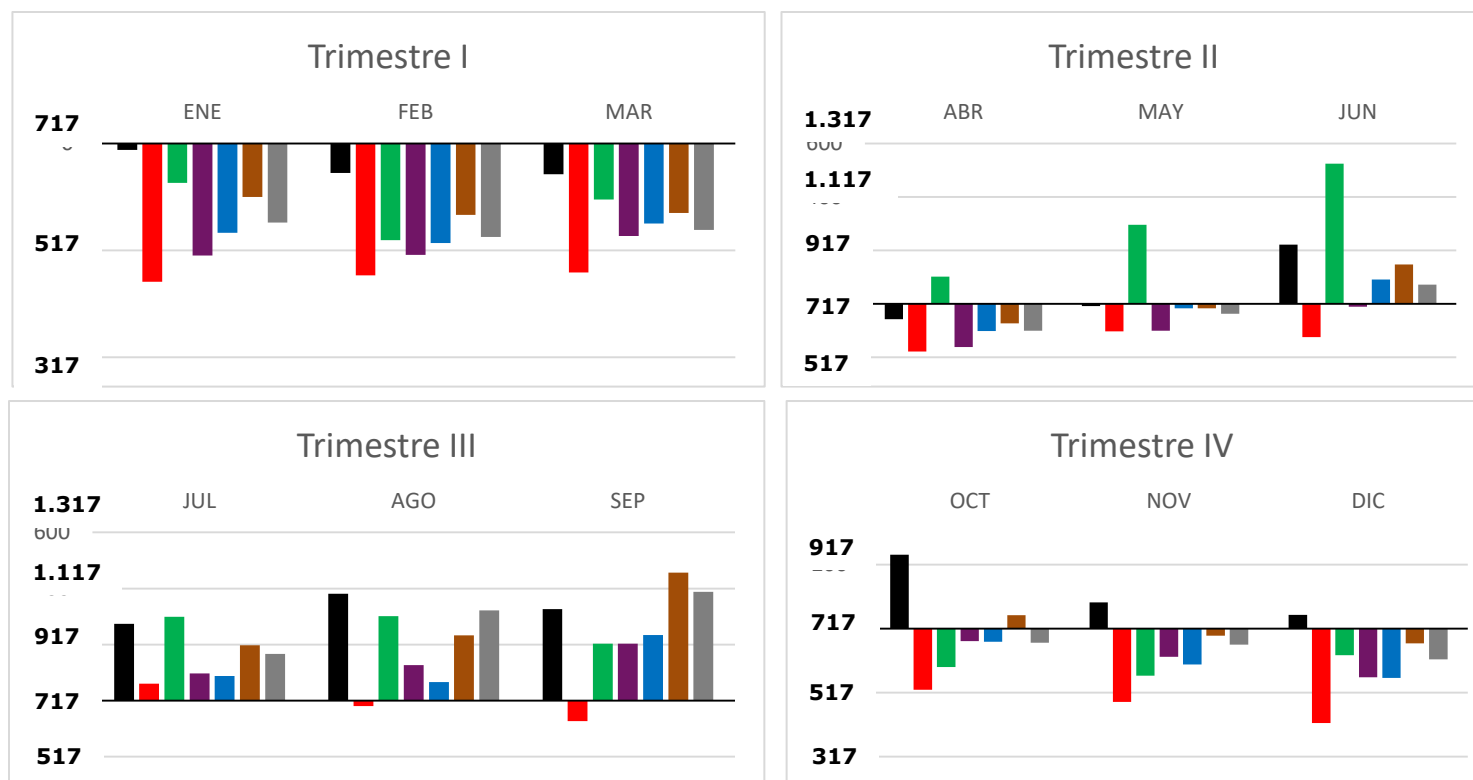
Fuente: Elaboración propia a partir de Sipsa-DANE (2018).

Tabla 51. Resumen de promedios de valores históricos mensuales de precios de ahuyama (COP/kg) en las principales ciudades de la región Caribe de Colombia

	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	PHGA.
Cartagena, Bazurto	705	662	659	660	709	938	991	1.098	1.043	948	798	760	831
Montería, Mercado del Sur	458	470	476	539	614	592	777	697	643	525	487	421	558
Santa Marta	643	536	612	819	1.013	1.242	1.016	1.018	921	597	570	634	802
Sincelejo, Nuevo Mercado	507	508	544	556	616	705	814	843	920	677	628	564	657
Valledupar, Mercado Nuevo	550	531	567	615	700	808	804	783	951	676	604	563	679
Barranquilla, Granabastos	617	583	587	644	700	864	915	950	1.174	759	694	671	763
Barranquilla, Barranquillita	569	542	555	616	680	788	884	1.039	1.105	673	667	621	728
PHGM.	578	547	571	635	719	848	886	918	965	694	636	605	717
Mínimo	458	470	476	539	614	592	777	697	643	525	487	421	
Máximo	705	662	659	819	1.013	1.242	1.016	1.039	1.174	948	798	760	

PHGM: promedio histórico general mensual; **PHGA:** promedio histórico general anual.

Fuente: Elaboración propia a partir de Sipsa-DANE (2018).



Fuente: Elaboración propia a partir de Sipsa-DANE (2018)

Figura 39. Comportamiento trimestral de promedios históricos de precios de ahuyama (COP/kg) en mercados de las principales ciudades de la región Caribe de Colombia.

■ Cartagena (Bazurto); ■ Montería (Mercado del Sur); ■ Santa Marta; ■ Sincelejo (Nuevo Mercado); ■ Valledupar (Mercado Nuevo); ■ Barranquilla (Granabastos); ■ Barranquilla (Barranquillita).

Los autores

Ender Manuel Correa Alvarez

ecorrea@agrosavia.co

Ingeniero agrónomo y magister en Ciencias Agronómicas de la Universidad de Córdoba. Ha trabajado en investigación en las áreas de fitomejoramiento, fisiología vegetal, control biológico de plagas y economía agrícola. Actualmente es investigador máster adscrito a la Red de Hortalizas y Plantas Aromáticas de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), centro de investigación Caribia en Sevilla Zona Bananera.

Marlon Jose Yacomelo Hernández

myacomelo@agrosavia.co

Ingeniero agrónomo y magister en Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. Ha trabajado en investigación en las áreas de suelos, agua y nutrición vegetal. Actualmente es investigador máster adscrito a la Red de Frutales de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), centro de investigación Caribia en Sevilla Zona Bananera.

Rommel Igor León Pacheco

rleon@agrosavia.co

Ingeniero agrónomo y magister en Agronomía de la Universidad Central de Venezuela. Ha trabajado en investigación en las áreas de fisiología vegetal, fitomejoramiento y recursos fitogenéticos. Actualmente es investigador máster adscrito a la Red de Hortalizas y Plantas Aromáticas de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), centro de investigación Caribia en Sevilla Zona Bananera.

Alfonso Rafael Orozco Guerrero

arorozco@agrosavia.co

Ingeniero Agrónomo de la Universidad del Magdalena. Ha trabajado en investigación en las áreas de fitomejoramiento, fisiología vegetal, manejo integrado de cultivos y economía agrícola. Actualmente es profesional de apoyo a la investigación adscrito a la Red de Frutales de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), centro de investigación Caribia en Sevilla Zona Bananera.

Gabriel Ernesto Silva Acosta

gesilva@agrosavia.co

ingeniero Agrónomo y administrador de empresa de la Universidad del Magdalena. Ha trabajado en investigación en las áreas de Fitomejoramiento, Fitopatología, Fisiología vegetal, manejo integral de cultivos, Economía agrícola y estudios socioeconómicos. Actualmente es profesional de apoyo a la investigación adscrito a la Red de Hortalizas y Plantas Aromáticas de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), centro de investigación Caribia en Sevilla Zona Bananera.

Ricardo Enrique Tamara Morelos

rtamara@agrosavia.co

Ingeniero agrónomo y magister en Ciencias Agronómicas de la Universidad de Córdoba. Ha trabajado en investigación en las áreas de suelos, riegos, drenajes y fisiología vegetal. Actualmente es investigador máster adscrito a la Red de Raíces y Tuberculos de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), centro de investigación Turipaná Sede Carmen de Bolívar.

Referencias

- Adams, M., Quesada-Ocampo, Lina. (2017). *La antracnosis de las cucurbitáceas. Hoja informativa de patógenos de vegetales*. Recuperado de <https://content.ces.ncsu.edu/la-antracnosis-de-las-cucurbitaceas>.
- Agronet. (2018). *Estadísticas-Agrícola: "área, producción, rendimiento y participación en el departamento por cultivo"*. Recuperado de <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=4>.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). (2017a). *Modelos de adaptación y prevención agroclimática (MAPA)*. Recuperado de <http://www.corpoica.org.co/site-mapa/mapa/>.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). (2017b). *Tecnología local de producción de agricultores de ahuyama en la región Caribe de Colombia* [Informe de meta]. Mosquera, Colombia: Autor.
- Allen, R., Pereira, L., Raes, D., & Smith, M. (2006). Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. *Riesgo y Drenaje*, 56. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-x0490s.pdf>.
- Arévalo, R., Bertoncini, A., Aranda, E. M., & González, T. (2011). Alelopatía en *Saccharum* spp. (caña de azúcar). *Avances en Investigación Agropecuaria*, 15(1), 51-60. Recuperado de <http://ww.ucol.mx/revaiia/portal/pdf/2011/enero/4.pdf>.
- Arévalo, R., Salgado, S., Bertoncini, E., & Aranda, E. (2012). Efecto alelopático de *Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) clayton sobre dos variedades de *Saccharum* spp. *Fitosanidad*, 16(1), 39-42. Recuperado de <https://biblat.unam.mx/es/revista/fitosanidad-la-habana/articulo/efecto-alelopatico-de-rottboellia-cochinchinensis-lour-clayton-sobre-dos-variedades-de-saccharum-spp>.
- Astorquizaga, R. (2009). Cultivo de zapallo (*Cucurbita* sp.) en el Noroeste de Chubut. *Agricultura*, 15, 61-64. Recuperado de <https://inta.gob.ar/documentos/cultivo-de-zapallo-cucurbita-sp-en-el-noroeste-de-chubut>.
- Ayers, R. & Westcot, D. (1991). *A qualidade da água na agricultura*. Campina Grande, Brasil: UFPB.

- Caili, F., Huan, S., & Quanhong, L. (2006). A review on pharmacological activities and utilization technologies of pumpkin. *Plant Foods for Human Nutrition*, 61(2), 73-80. DOI: 10.1007/s11130-006-0016-6.
- Calzada, M. & Cedillo, E. (2014). Riego eficiente: para aprovechar mejor el agua y aumentar la productividad. *Revista AcopAgro*, 13, 93-103.
- Cárdenas, C. (2014). *Las plantas alelopáticas*. Ecuador: Comisión Editorial de la Universidad de las Fuerzas Armadas. Recuperado de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/9218/3/Las%20Plantas%20Alelopaticas.pdf>.
- Casilimas, H., Monsalve, O., Bojacá, C., Gil, R., Villagrán, E., Arias, L., & Fuentes, L. (2012). *Manual de producción de pimentón bajo invernadero*. Bogotá, Colombia: Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- Castro, H., Espinosa, J., & Gómez, M. (2006). El diagnóstico integral de la fertilidad del suelo a partir de indicadores analíticos. *Revista UDCA*, 8(2).
- Castro, H., Espinosa, J., & Gomez, M. (2005). Conceptos utilizados para diagnosticar integralmente la fertilidad del suelo mediante el uso de indicadores. *Revista U.D.C.A. Actualidad & Divulgación Científica*. 8, 23-32
- Cely, G. E. (2010). *Determinación de parámetros de riego para el cultivo de cebolla de bulbo en el distrito de riego del alto Chicamocha* (tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Recuperado de <http://bdigital.unal.edu.co/2743/1/790551.2010.pdf>.
- Correa, E. (2015). El cultivo de ahuyama (*Cucúrbita moschata*) en la región Caribe colombiana. *Revista Frutas y Hortalizas*, 43, 36-38.
- Della Gaspera, P. (ed.). (2013). *Manual del cultivo del zapallo anquito* (*Cucurbita moschata Duch.*). Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Recuperado de https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-manual_de_zapallo.pdf.
- Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA). (1999). *Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo*. Recuperado de https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1044786.pdf.
- Durán, I., Mesa, N., & Estrada, E. (1999). Ciclo de vida de Thrips palmi (Thysanoptera: Thripidae) y registro de hospedantes en el Valle del Cauca. *Revista Colombiana de Entomología*, 25(3-4), 109-120.

- Escalada, M., Campos, C., Gerschenson, L., & Rojas, A. M. (2009). Pumpkin (*Cucurbita moschata* Duchesne ex Poiret) mesocarp tissue as a food matrix for supplying iron in a food product. *Journal of Food Engineering*, 92(4), 361-369. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2008.11.013.
- Escalada, M., Ponce, N., Stortz, C., Gerschenson, L., & Rojas, A. (2007). Composition and functional properties of enriched fiber products obtained from pumpkin (*Cucurbita moschata* Duchesne ex Poiret). *Food Science and Technology*, 40(7), 1176-1185. DOI: 10.1016/j.lwt.2006.08.006.
- Esquinas-Alcazar, J. T. & Gulick, P. J. (1983). *Genetic resources of Cucurbitaceae*. Roma, Italia: International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR). Recuperado de https://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/user_upload/online_library/publications/pdfs/Genetic_Resources_of_Cucurbitaceae_1945.pdf.
- Estrada, E. (2003). *Mejoramiento genético y producción de semillas de hortalizas para Colombia*. Palmira, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Estrada, E., García, M., Gutiérrez, A., Cardozo, C., Sánchez, M., Baena, D., & Vallejo, F. (2004). *Cultivo de zapallo variedad UNAPAL bolo verde y UNAPAL mandarino*. Palmira, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Faostat. (s.f.). *Datos sobre alimentación y agricultura*. Recuperado de <http://www.fao.org/faostat/es/#home>.
- Fuente, A. de la. (2006). *Programación del riego con tensiómetros*. Recuperado de <https://es.slideshare.net/ShitoRyu64/programacion-del-riego-con-tensiometros>.
- Fungicide Resistance Action Committee (FRAC). (2018). *FRAC Code List ©*2018: Fungicides sorted by mode of action (including FRAC Code numbering)*. Fungicide Resistance Action Committee (FRAC). Recuperado de http://www.frac.info/docs/default-source/publications/frac-code-list/frac_code_list_2018-final.pdf?sfvrsn=6144b9a_2.
- Giardini, F., Torres, G., Aparecida, J., Aparecida, D., Solano, J., & de Souza, N. (2018). Alelopatía: el potencial de las plantas medicinales en el control de especies espontáneas. *Centro Agrícola*, 45(1), 78-87. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852018000100010.
- Gilbert, R. & Ford, H. (1986). Emitter clogging. En F. S. Nakayama y D. A. Bucks (eds.), *Trickle irrigation for crop production: Design, operation and management* (pp. 142-163). Ámsterdam, Países Bajos: Elsevier.

- Glass, A. (1989). *Plant nutrition. An introduction to current concepts*. Boston, EE. UU.: Jones and Bartlett Publishers.
- Hidalgo, R. & Vallejo, F. (2014). *Bases para el estudio de los recursos genéticos de especies cultivadas*. Palmira, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (1992). *Fertilización en cultivos diversos: quinta aproximación*. Manual de asistencia técnica N.º 25. Bogotá, Colombia: Centro de Investigación Tibaitatá, ICA.
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2018). *Registros nacionales de productos agroquímicos, 03 mayo de 2018*. Recuperado de <https://www.ica.gov.co/getdoc/d3612ebf-a5a6-4702-8d4b-8427c1cdaeb1/registrosnacionales-pqua-15-04-09.aspx>.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). (2018). *Promedios climatológicos 1981-2010*. Recuperado de <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/clima>.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2002). *Mapa de regiones y subregiones naturales de Colombia escala 1:5000.000*. Recuperado de <http://www2.igac.gov.co/ninos/UserFiles/Image/Mapas/regiones%20naturales.pdf>.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2012). *Sistema de Información Geográfica para la Planeación y el Ordenamiento Territorial (SIG-OT)*. Recuperado de http://sigotn.igac.gov.co/sigotn/frames_pagina.aspx.
- Insecticide Resistance Action Committee (IRAC). 2018. The IRAC mode of action classification. Recuperado de <http://www.irac-online.org/modes-of-action/>.
- Jeffrey, C. (1980). A review of the Cucurbitaceae. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 81(3), 233-247. DOI: 10.1111/j.1095-8339.1980.tb01676.x.
- Jungk, A. (1996). Dynamic of nutrient movement at the soil-root interface. En Y. Waisel, A. Eshel y U. Kafkafi (Eds.), *Plant roots: The hidden half* (pp. 529-556). Nueva York, EE. UU.: Marcel Dekker.
- Kates, H., Soltis, P., & Soltis, D. (2017). Evolutionary and domestication history of *Cucurbita* (pumpkin and squash) species inferred from 44 nuclear loci. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 111, 98-109. DOI: 10.1016/j.ympev.2017.03.002.

- Krugman, P. & Wells, R. (2006). *Introducción a la economía: microeconomía*. Barcelona, España: Reverte.
- Legarda, L., García, R., & Ruíz, H. (2002). *Manual de prácticas: técnicas de aplicación del riego agrícola*. Nariño, Colombia: Editorial Universitaria, Universidad de Nariño.
- Leguizamón, E. S. (2012). Competencia de malezas: procedimientos para su monitoreo en cultivos extensivos y emisión de alertas de tratamientos de control. *Revista Especial: Maleza*, 69-76. Recuperado de https://www.aapresid.org.ar/rem/wp-content/uploads/sites/3/2013/02/REMSD12_012.pdf.
- León, B. & Robles, B. (2007). *Manual para diseño de obras de riego pequeñas*. Morelos, México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Luna, J., Méndez, M., Vallejo, F., Valdés, M., & Ortiz, S. (2014). Identificación de genotipos de zapallo (*Cucurbita moschata* Duch.) por contenido de carotenoides y almidón. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 67(2), 653-655. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/305401390_Identificacion_de_Genotipos_de_Zapallo_Cucurbita_moschata_Duch_por_Contenido_de_Carotenoides_y_Almidon.
- Manjarrez, E. (2014). *Inventario de enfermedades prevalentes en el cultivo de ahuyama en la Región Caribe colombiana*. Mosquera, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Científica (Corpoica).
- Marouelli, W. (2008). *Tensiômetros para o controle de irrigação em hortaliças* [circular técnica n.º 57]. Embrapa Hortaliças. Recuperado de <https://www.embrapa.br/hortalicas/busca-de-publicacoes/-/publicacao/780870/tensiometros-para-o-controle-de-irrigacao-em-hortalicas>.
- Marouelli, W., Oliveira, Á., Coelho, E., Nogueira, L., & Sousa, V. (2011). Manejo da água de irrigação. En V. Sousa, W. Marouelli, E. Coelho, J. Pinto y M. Coelho Filho (eds.), *Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças* (pp. 157-232). Brasília, Brasil: Embrapa Informação Tecnológica.
- Meisel, A. & Pérez, G. (2006). Geografía física y poblamiento en la Costa Caribe colombiana. *Banco de la Republica de Colombia-Centro de Estudios Económicos Regionales*. Documentos de trabajo sobre economía regional N.º 73. Recuperado de http://www.banrep.gov.co/docum/Lectura_finanzas/pdf/DTSER-73.pdf.
- Navarro, E. & Nave, J. (2001). *Fundamentos de matemática financiera*. Barcelona, España: Antoni Bosch.

- Nee, M. (1990). The domestication of *Cucurbita*. *Economic Botany*, 44(3), 56-68. DOI: 10.1007/BF02860475.
- Orozco, A. R., Correa, E. M., Silva, G. E., Martinez, A. M., Tordecilla, L. & Rodriguez, M. V. (2019). Tecnología de producción, patrón de costos e indicadores económicos: caso sistema productivo de la ahuyama en el Caribe colombiano. *Revista economía del Caribe*.23: En prensa.
- Ortiz, S., Quiñonez, J., Valdés, M. P., Gómez, E., & Huertas, C. (2014). Patógenos del zapallo *Cucurbita moschata* Duch. en tres localidades del valle del cauca. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 6(2), 311-318. DOI: 10.24188/recia.v6.n2.2014.434.
- Ortiz, S., Vallejo, F., Baena, D., Estrada, E., & Valdés, M. (2013). *Zapallo para consumo en fresco y fines agroindustriales: investigación y desarrollo*. Palmira, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Osorio, N. W. (2014). *Manejo de nutrientes en suelos del trópico*. Medellín, Colombia: L. Vieco.
- Páez, A. R. (2003). *Manejo del virus de la mancha anular de la papaya en la región Caribe colombiana* [boletín técnico N.º 8]. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/309534244_Manejo_del_virus_de_la_mancha_anular_de_la_papaya_en_la_region_caribe_colombiana
- Parra, J. (2013). *El cultivo de la ahuyama: recomendaciones de manejo* [boletín técnico n.º 1]. Semprecol.
- PLM. (2016). *DEAQ: diccionario de especialidades agroquímicas*. México: autor.
- PLM. (2018). *DEAQ: diccionario de especialidades agroquímicas*. México: autor.
- Ramos, S., Lima, N., Anjos, J., Carvalho, H., Oliveira, I., Sobral, L. & Curado, F. (2010). Aspectos técnicos do cultivo do abóbora na região Nordeste do Brasil. Documentos 154, Embrapa, Aracaju, Sergipe, Brasil. 36p.
- Romano, C., Tempel, R., Barbieri, R., Peripolli, G. & Rodrigues, W. (2008). *Polinização manual em abóboras*. Documentos 225, Embrapa, Pelotas, Rio Grande del Sur, Brasil. 27p.
- Reis, A. (2007). *Oídio das cucurbitáceas*. Comunicado Técnico 42. Embrapa, Brazil.

- Sánchez, M. R., Agüero, R., & Rivera, C. (1998). Plantas hospederas de los virus más importantes que infectan el melón, *Cucumis melo* (Cucurbitaceae) en Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 46(1), 13-25. Recuperado de http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77441998000100001.
- Sistema de Información de Precios (Sipsa)-Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2018). Componente "Abastecimiento" y componente "Precios mayoristas". Sistema de Información de Precios (Sipsa). DANE. Recuperado de <http://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/sistema-de-informacion-de-precios-sipsa>.
- Tobar, D. E., Vallejo, F. A., & Baena, D. (2010). Evaluación de familias de zapallo (*Cucurbita moschata* Duch.) seleccionadas por mayor contenido de materia seca en el fruto y otras características agronómicas. *Acta Agronómica*, 59(1), 65-72. Recuperado de https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/14033/14939.
- Torezani, K. R. de S., Laumann, R. A., de Sousa, A. A. T. C., Sujii, E. R., & Pires, C. S. S. (2017). *Visitantes florais e potenciais polinizadores da aboboreira (Cucurbita pepo L.) no Distrito Federal* [circular técnica n.º 92]. Recuperado de <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1076467/visitantes-florais-e-potenciais-polinizadores-da-aboboreira-cucurbita-pepo-l-no-distrito-federal>.
- Ubaque, C., Orozco, L., Ortiz, S., Valdés, M., & Vallejo, F. (2014). Calidad de la canal de pollos de engorde alimentados con harina integral de zapallo. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 67(2), 630-632.
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). (2017). *Región Administrativa de Planificación Caribe (RAP Caribe)*. Recuperado de <https://sites.google.com/a/upra.gov.co/presentaciones-upra/regiones>.
- Valdés, M. (2014). Recursos genéticos del zapallo, *Cucurbita* sp. En R. Hidalgo y F. Vallejo (eds.), *Bases para el estudio de los recursos genéticos de especies cultivadas* (pp. 252-274). Palmira, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

- Valdés, M., Ortiz, S., Baena, D., & Vallejo, F. A. (2010). Evaluación de poblaciones de zapallo (*Cucurbita moschata*) por caracteres de importancia agroindustrial. *Acta Agronómica*, 59(1), 91-96. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/237025762_Evaluacion_de_poblaciones_de_zapallo_Cucurbita_moschata_por_caracteres_de_importancia_agroindustrial.
- Vallejo, F., Baena, D., Ortiz, S., Estrada, E., & Tobar, D. (2010). UNAPAL-Dorado, nuevo cultivar de zapallo con alto contenido de materia seca para consumo en fresco. *Acta Agronómica*, 59(2), 127-134. DOI: 10.15446/acag.
- Vallejo, F. & Estrada, E. (2004). El cultivo del zapallo. En *Producción de hortalizas de clima cálido* (pp. 191-238). Palmira, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Vallejo, F. & Estrada, E. (2013). *Mejoramiento genético de plantas* (2.ª ed.). Palmira, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Whitaker, T. W. & Davis, G. N. (1962). *Cucurbits: Botany, cultivation and utilization*. Nueva York, EE. UU.: Leonard Hill.
- Zúñiga-González, C. (2011). *Texto básico de economía agrícola: su importancia para el desarrollo sostenible*. León, Nicaragua: UNAN-León.

Anexos

Anexo 1. Evapotranspiración potencial acumulada (mm) de algunos municipios de la región Caribe de Colombia (promedio de datos históricos del periodo 1981-2000)

		Estación														
	Código	LW	LN	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Atlántico																
Baranoa	29040020	74°54'28,2"W	10°42'30,6"N	131,1	116,7	134,6	122,8	128,0	128,2	149,8	156,6	138,4	129,0	113,6	121,0	1569,8
Candelaria	29040260	74°53'12,8"W	10°27'18,4"N	131,1	116,7	134,6	122,8	128,0	128,2	149,8	156,6	138,4	129,0	113,6	121,0	1569,8
Juan de Acosta	29045110	75°2'56,2"W	10°50'47,5"N	131,1	116,7	134,6	122,8	128,0	128,2	149,8	156,6	138,4	129,0	113,6	121,0	1569,8
Luruaco	29030140	75°6'30,2"W	10°36'22,4"N	131,1	116,7	134,6	122,8	128,0	128,2	149,8	156,6	138,4	129,0	113,6	121,0	1569,8
Manatí	29035080	74°57'16,7"W	10°27'12,9"N	143,2	138,7	152,9	141,7	134,9	130,4	141,6	142,1	125,1	119,1	111,8	126,0	1607,5
Piojó	14010020	75°8'24,4"W	10°43'18,8"N	127,3	109,6	119,7	104,0	102,5	93,7	104,1	113,6	113,0	116,4	107,5	117,7	1329,1
Polonuevo	29040080	74°51'28,5"W	10°46'44,4"N	131,1	116,7	134,6	122,8	128,0	128,2	149,8	156,6	138,4	129,0	113,6	121,0	1569,8
Ponedera	29040070	74°46'14,6"W	10°38'30,4"N	131,1	116,7	134,6	122,8	128,0	128,2	149,8	156,6	138,4	129,0	113,6	121,0	1569,8
Puerto Colombia	29040230	74°58'10,8"W	10°59'18"N	131,1	116,7	134,6	122,8	128,0	128,2	149,8	156,6	138,4	129,0	113,6	121,0	1569,8
Sabanalarga	29040290	74°58'18,4"W	10°33'28"N	131,1	116,7	134,6	122,8	128,0	128,2	149,8	156,6	138,4	129,0	113,6	121,0	1569,8
Santa Lucía	29040270	74°58'40,2"W	10°22'15,9"N	131,1	116,7	134,6	122,8	128,0	128,2	149,8	156,6	138,4	129,0	113,6	121,0	1569,8
Soledad	29045020	74°46'47,2"W	10°53'0,1"N	157,4	154,2	176,8	164,9	152,1	143,2	151,6	150,5	131,4	123,4	121,0	140,7	1767,2
Suan	29040310	74°55'12,8"W	10°16'40,4"N	131,1	116,7	134,6	122,8	128,0	128,2	149,8	156,6	138,4	129,0	113,6	121,0	1569,8
Tubará	14010100	74°59'42"W	10°57'18,4"N	125,5	108,1	118,3	102,8	101,6	92,9	103,1	112,5	111,8	115,0	106,3	116,1	1314,0
Usiacurí	29040240	74°59'53,1"W	10°45'41,3"N	131,1	116,7	134,6	122,8	128,0	128,2	149,8	156,6	138,4	129,0	113,6	121,0	1569,8
Bolívar																
Achí	25020800	74°31'47"W	8°34'23"N	131,1	116,7	134,6	122,8	128,0	128,2	149,8	156,6	138,4	129,0	113,6	121,0	1569,8
Altos del Rosario	25020910	74°15'43,7"W	8°48'27,2"N	130,5	116,1	133,9	122,2	127,3	127,3	148,7	155,4	137,5	128,1	113,0	120,4	1560,4

Arenal	25020970	73°56'28"W	8°27'34"N	131,1	116,7	134,6	122,8	128,0	128,2	149,8	156,6	138,4	129,0	113,6	121,0	1569,8
Arjona	29035170	75°16'41,8"W	10°8'33,3"N	140,0	134,7	145,4	133,7	126,5	122,8	131,2	128,8	115,3	110,8	106,8	120,1	1516,1
Barranco de Loba	25020880	74°6'38"W	8°56'48"N	131,1	116,7	134,6	122,8	128,0	128,2	149,8	156,6	138,4	129,0	113,6	121,0	1569,8
Cantagallo	23170030	74°0'0"W	7°18'0"N	130,0	115,6	133,4	121,7	126,8	126,9	148,1	154,8	136,9	127,8	112,7	120,1	1554,8
Cartagena	14015030	75°32'9"W	10°23'23"N	133,8	129,4	143,9	136,6	131,8	126,8	132,8	133,4	120,3	116,6	111,3	121,3	1538,0
Cicuco	25021340	74°44'10"W	9°14'57"N	131,1	116,7	134,6	122,8	128,0	128,2	149,8	156,6	138,4	129,0	113,6	121,0	1569,8
Córdoba	25020960	74°49'31"W	9°35'17"N	131,1	116,7	134,6	122,8	128,0	128,2	149,8	156,6	138,4	129,0	113,6	121,0	1569,8
El Guamo	29015030	74°58'23,6"W	10°2'14"N	131,1	116,7	134,6	122,8	128,0	128,2	149,8	156,6	138,4	129,0	113,6	121,0	1569,8
Magangue	25025100	74°50'43"W	9°16'55"N	149,3	143,9	158,4	143,1	131,7	129,2	143,6	141,9	124,0	116,9	113,8	128,5	1624,3
Mahates	29030170	75°12'7"W	10°12'1"N	131,1	116,7	134,6	122,8	128,0	128,2	149,8	156,6	138,4	129,0	113,6	121,0	1569,8
Margarita	25020890	74°13'19"W	9°7'9,8"N	131,1	116,7	134,6	122,8	128,0	128,2	149,8	156,6	138,4	129,0	113,6	121,0	1569,8
María La Baja	29035040	75°21'3"W	9°56'26"N	125,0	122,2	134,8	122,0	115,0	111,0	119,1	117,7	105,6	102,5	98,2	108,9	1382,0
Montecristo	25025230	74°29'0"W	8°18'0"N	131,1	116,7	134,6	122,8	128,0	128,2	149,8	156,6	138,4	129,0	113,6	121,0	1569,8
Pinillos	25025210	74°28'27,3"W	8°55'14,7"N	131,1	116,7	134,6	122,8	128,0	128,2	149,8	156,6	138,4	129,0	113,6	121,0	1569,8
San Estanislao	29030050	75°9'42,6"W	10°24'14,8"N	131,1	116,7	134,6	122,8	128,0	128,2	149,8	156,6	138,4	129,0	113,6	121,0	1569,8
San Fernando	25021090	74°18'50"W	9°5'36"N	131,1	116,7	134,6	122,8	128,0	128,2	149,8	156,6	138,4	129,0	113,6	121,0	1569,8
San Jacinto	29030300	75°15'0"W	9°53'0"N	131,1	116,7	134,6	122,8	128,0	128,2	149,8	156,6	138,4	129,0	113,6	121,0	1569,8
San Juan Nepomuceno	29030520	75°13'1,9"W	9°56'57,5"N	131,1	116,7	134,6	122,8	128,0	128,2	149,8	156,6	138,4	129,0	113,6	121,0	1569,8
San Martín de Loba	25020870	73°57'57"W	8°49'22"N	131,1	116,7	134,6	122,8	128,0	128,2	149,8	156,6	138,4	129,0	113,6	121,0	1569,8
San Pablo	23205020	73°55'32"W	7°28'30"N	129,9	115,6	133,4	121,6	126,7	126,8	148,0	154,8	136,9	127,8	112,4	120,0	1553,9
Santa Catalina	14015010	75°15'42"W	10°47'41,5"N	131,1	125,6	143,2	136,2	136,8	130,3	138,5	136,9	124,0	120,1	115,8	122,6	1561,1
Santa Rosa del Sur	23205050	74°14'27,5"W	7°53'7,5"N	104,0	98,8	102,6	91,3	95,3	95,7	108,4	109,6	96,0	90,9	84,7	93,0	1170,3
Simiti	23200010	73°57'2"W	7°57'37"N	131,1	116,7	134,6	122,8	128,0	128,2	149,8	156,6	138,4	129,0	113,6	121,0	1569,8
Tiquisio	25021320	74°14'43,1"W	8°39'35,9"N	131,1	116,7	134,6	122,8	128,0	128,2	149,8	156,6	138,4	129,0	113,6	121,0	1569,8
Turbaco	14010050	75°20'15"W	10°24'18"N	127,3	109,6	119,7	104,0	102,5	93,7	104,1	113,6	113,0	116,4	107,5	117,7	1329,1

Zambrano	25025020	74°50'6"W	9°44'7"N	152,9	148,0	161,7	147,7	139,6	139,3	152,2	150,0	132,4	126,9	119,8	132,7	1703,2
Cesar																
Aguachica	23215030	73°36'10"W	8°13'44"N	151,5	146,7	154,2	133,7	128,5	126,3	139,7	140,1	128,1	122,3	115,9	130,8	1617,8
Agustín Codazzi	28025090	73°16'9,8"W	9°51'10,8"N	131,1	116,7	134,6	122,8	128,0	128,2	149,8	156,6	138,4	129,0	113,6	121,0	1569,8
Astrea	25020220	73°58'22,4"W	9°29'34,6"N	131,1	116,7	134,6	122,8	128,0	128,2	149,8	156,6	138,4	129,0	113,6	121,0	1569,8
Becerril	28025080	73°14'26"W	9°41'12"N	163,2	153,9	163,5	147,3	141,1	139,3	152,4	149,8	132,3	127,1	122,3	141,2	1733,4
Bosconia	28040030	73°53'5,5"W	9°58'32"N	130,5	116,2	134,0	122,2	127,4	127,6	148,9	155,7	137,8	128,4	113,0	120,6	1562,3
Chimichagua	25020240	73°53'25,5"W	9°24'37,7"N	131,1	116,7	134,6	122,8	128,0	128,2	149,8	156,6	138,4	129,0	113,6	121,0	1569,8
Chiriguana	25025250	73°35'36"W	9°21'49,2"N	159,7	155,3	164,6	146,3	138,2	135,7	151,3	152,1	133,1	126,3	120,8	137,9	1721,3
El Paso	25020280	73°36'43,1"W	9°36'23,5"N	131,1	116,7	134,6	122,8	128,0	128,2	149,8	156,6	138,4	129,0	113,6	121,0	1569,8
Gamarra	23210160	73°44'16"W	8°19'36"N	130,2	115,9	133,7	121,9	127,1	127,2	148,5	155,2	137,2	128,1	112,7	120,3	1558,0
La Gloria	23215050	73°38'11"W	8°36'52"N	130,0	115,6	133,4	121,7	126,8	126,9	148,1	154,8	136,9	127,8	112,7	120,1	1554,8
La Jagua de Ibirico	25020230	73°20'34,6"W	9°33'52,9"N	129,9	115,6	133,3	121,6	126,7	126,7	147,9	154,6	136,8	127,5	112,4	120,0	1553,0
Manaure	28010040	73°1'43,5"W	10°23'38,8"N	120,1	106,3	122,9	111,8	115,8	114,8	132,6	138,3	123,5	116,6	103,5	110,9	1417,1
Pailitas	25025330	73°38'1"W	8°57'25,4"N	145,3	143,4	155,1	139,1	132,3	129,4	141,0	140,3	123,8	117,2	110,2	126,0	1603,1
Pelaya	25021640	73°42'0"W	8°43'15,2"N	131,1	116,7	134,6	122,8	128,0	128,2	149,8	156,6	138,4	129,0	113,6	121,0	1569,8
Pueblo Bello	28040010	73°35'20"W	10°25'4,4"N	115,3	102,1	118,1	107,0	110,6	109,2	125,5	130,9	117,3	111,3	99,3	106,7	1353,3
Rio de Oro	23190480	73°30'27"W	8°5'56"N	128,8	114,5	132,2	120,5	125,5	125,5	146,2	153,0	135,4	126,6	111,5	119,1	1538,8
San Alberto	23190110	73°25'41"W	7°50'17"N	129,9	115,6	133,4	121,6	126,8	126,9	148,1	154,8	136,9	127,8	112,4	120,0	1554,2
San Diego	28025020	73°7'53"W	10°16'17"N	126,8	112,6	130,0	118,4	123,3	123,0	143,0	149,5	132,7	124,2	109,6	117,1	1510,2
San Martin	23190520	73°26'23"W	7°59'44"N	128,2	113,9	131,5	119,9	124,8	124,6	145,1	151,9	134,4	125,7	110,9	118,3	1529,2
Tamalameque	25020090	73°48'55,6"W	8°51'37,4"N	131,1	116,7	134,6	122,8	128,0	128,2	149,8	156,6	138,4	129,0	113,6	121,0	1569,8
Valledupar	28035030	73°14'58"W	10°26'22"N	231,4	232,2	243,8	205,6	168,7	161,6	190,8	178,8	152,6	148,9	151,0	191,1	2256,5
Córdoba																
Ayapel	25025150	75°9'52,2"W	8°17'42,7"N	126,2	121,6	134,6	122,9	119,0	113,6	127,6	125,3	116,1	113,2	105,4	112,6	1438,1

Canalete	12040020	76°14'8"W	8°47'13"N	127,3	109,6	119,7	104,0	102,5	93,7	104,1	113,6	113,0	116,4	107,5	117,7	1329,1
Cerete	13070050	75°47'10,5"W	8°53'25,2"N	127,3	109,6	119,7	104,0	102,5	93,7	104,1	113,6	113,0	116,4	107,5	117,7	1329,1
Chima	13075010	75°37'19,5"W	9°9'2,7"N	127,3	109,6	119,7	104,0	102,5	93,7	104,1	113,6	113,0	116,4	107,5	117,7	1329,1
Chinú	25020730	75°23'4"W	9°7'4"N	130,8	116,4	134,2	122,5	127,6	127,6	149,2	156,0	137,8	128,4	113,3	120,7	1564,5
Ciénaga de Oro	13070160	75°42'0"W	8°53'0"N	127,3	109,6	119,7	104,0	102,5	93,7	104,1	113,6	113,0	116,4	107,5	117,7	1329,1
Cotorra	13070210	75°47'0"W	9°2'0"N	127,3	109,6	119,7	104,0	102,5	93,7	104,1	113,6	113,0	116,4	107,5	117,7	1329,1
Lorica	13085010	75°53'32,5"W	9°17'25,2"N	132,5	127,9	142,0	130,9	120,2	114,0	124,5	123,9	112,4	110,0	104,5	115,0	1457,8
Momil	13070020	75°41'18,3"W	9°14'32,8"N	127,3	109,6	119,7	104,0	102,5	93,7	104,1	113,6	113,0	116,4	107,5	117,7	1329,1
Montelibano	25025160	75°23'58,5"W	8°0'4"N	131,1	116,7	134,6	122,8	128,0	128,2	149,8	156,6	138,4	129,0	113,6	121,0	1569,8
Planeta Rica	25015010	75°37'56,2"W	8°10'50,8"N	129,9	115,6	133,3	121,6	126,7	126,7	147,9	154,6	136,8	127,5	112,4	120,0	1553,0
Pueblo Nuevo	25020710	75°16'13,8"W	8°26'2"N	131,1	116,7	134,6	122,8	128,0	128,2	149,8	156,6	138,4	129,0	113,6	121,0	1569,8
Puerto Escondido	12045020	76°13'31,8"W	9°4'19,8"N	127,3	109,6	119,7	104,0	102,5	93,7	104,1	113,6	113,0	116,4	107,5	117,7	1329,1
Sahagún	25025170	75°29'55,8"W	8°44'27,1"N	130,8	116,4	134,2	122,5	127,6	127,6	149,2	156,0	137,8	128,4	113,3	120,7	1564,5
San Andrés Sotavento	13070450	75°30'39,1"W	9°15'20,6"N	127,3	109,6	119,7	104,0	102,5	93,7	104,1	113,6	113,0	116,4	107,5	117,7	1329,1
San Antero	13070440	75°43'8"W	9°21'8"N	127,3	109,6	119,7	104,0	102,5	93,7	104,1	113,6	113,0	116,4	107,5	117,7	1329,1
San Bernardo del Viento	13085030	75°56'57,5"W	9°22'14,8"N	127,3	109,6	119,7	104,0	102,5	93,7	104,1	113,6	113,0	116,4	107,5	117,7	1329,1
San Carlos	13070170	75°45'0,1"W	8°46'22"N	127,3	109,6	119,7	104,0	102,5	93,7	104,1	113,6	113,0	116,4	107,5	117,7	1329,1
San José de Ure	25010060	75°32'18"W	7°47'17"N	129,4	115,1	132,8	121,1	126,1	126,2	147,1	153,9	136,2	127,2	112,1	119,5	1546,7
San Pelayo	13070180	75°49'54,4"W	8°59'4"N	127,3	109,6	119,7	104,0	102,5	93,7	104,1	113,6	113,0	116,4	107,5	117,7	1329,1
Tierralta	13060030	75°54'14"W	8°15'58"N	127,3	109,6	119,7	104,0	102,5	93,7	104,1	113,6	113,0	116,4	107,5	117,7	1329,1
Valencia	13040030	76°9'56,6"W	8°15'32,6"N	127,3	109,6	119,7	104,0	102,5	93,7	104,1	113,6	113,0	116,4	107,5	117,7	1329,1
La Guajira																
Albania	15065050	72°31'53"W	11°7'52,2"N	146,3	143,2	164,9	149,8	150,5	152,5	171,1	171,7	152,1	133,7	125,4	130,2	1791,4
Barrancas	15060040	72°52'6,6"W	11°2'8,2"N	117,1	103,8	119,9	108,8	112,5	111,4	128,2	133,8	119,6	113,3	100,9	108,3	1377,6
Dibulla	15035020	73°24'41"W	11°15'9"N	119,5	111,7	124,5	118,1	121,8	129,0	141,1	138,5	121,2	114,7	103,7	110,2	1454,0

Distracción	15060050	73°2'52,7"W	10°57'10,8"N	125,5	111,5	128,7	117,2	121,9	121,5	141,0	147,6	131,0	122,8	108,4	115,9	1493,0
Fonseca	15065040	72°49'45,1"W	10°53'45,5"N	155,3	152,4	169,2	159,2	154,1	155,9	171,8	166,8	147,3	137,8	129,0	136,6	1835,4
Hato nuevo	15065130	72°36'57,4"W	11°8'15,3"N	145,2	142,7	164,5	154,5	152,2	157,3	174,7	172,1	147,1	135,5	121,5	130,6	1797,9
Maicao	15085030	72°22'1"W	11°12'59"N	120,2	122,2	142,3	130,2	131,1	134,3	150,6	154,3	132,6	119,6	105,9	106,5	1549,8
Manaure	15075030	72°28'48,6"W	11°46'51,8"N	133,3	130,8	149,7	142,5	151,3	160,1	173,0	168,0	148,0	135,7	123,9	123,6	1739,9
Riohacha	15065010	72°55'3,7"W	11°31'41,6"N	165,9	160,8	180,9	168,3	173,3	191,2	214,8	195,3	156,2	143,1	132,9	147,9	2030,6
San Juan del Cesar	15060080	72°50'7,1"W	10°45'46,3"N	128,8	114,5	132,2	120,5	125,5	125,5	146,2	153,0	135,4	126,6	111,5	119,1	1538,8
Uribia	15085020	71°17'2"W	12°10'44"N	116,9	114,8	135,1	126,2	133,7	140,6	153,8	155,4	138,9	123,5	107,3	107,5	1553,7
Urumita	28015070	73°0'31,6"W	10°33'35,5"N	155,9	153,3	173,3	154,4	147,8	145,6	160,9	160,0	141,6	133,8	124,9	135,9	1787,4
Villanueva	28010340	72°59'55"W	10°36'57"N	126,9	112,8	130,2	118,7	123,4	123,1	143,2	149,8	132,9	124,3	109,7	117,3	1512,3
Magdalena																
Aracataca	29060060	74°4'23,6"W	10°39'5,8"N	125,1	111,1	128,1	116,6	121,3	120,9	140,3	146,7	130,3	122,2	108,1	115,5	1486,2
Ariguaní	28040300	73°51'0"W	9°45'0"N	130,8	116,4	134,3	122,5	127,7	127,9	149,2	156,0	138,0	128,7	113,3	120,7	1565,5
Ciénaga	15015020	74°12'40,1"W	10°59'32,7"N	150,8	147,4	164,1	156,6	150,3	145,6	153,7	151,1	136,9	132,0	125,8	135,6	1749,9
El Banco	25025090	73°58'15"W	9°2'46,8"N	208,6	196,3	216,8	192,6	173,1	164,5	185,3	184,5	160,2	151,9	149,6	185,8	2169,2
El Piñón	29050010	74°43'55,6"W	10°20'39,9"N	131,1	116,7	134,6	122,8	128,0	128,2	149,8	156,6	138,4	129,0	113,6	121,0	1569,8
El Reten	29060350	74°17'34,2"W	10°35'51,8"N	131,1	116,7	134,6	122,8	128,0	128,2	149,8	156,6	138,4	129,0	113,6	121,0	1569,8
Fundación	29060100	74°6'28,8"W	10°24'9,9"N	131,1	116,7	134,6	122,8	128,0	128,2	149,8	156,6	138,4	129,0	113,6	121,0	1569,8
Nueva Granada	25021620	74°19'19,8"W	9°41'1,6"N	131,1	116,7	134,6	122,8	128,0	128,2	149,8	156,6	138,4	129,0	113,6	121,0	1569,8
Pivijay	28040100	74°16'23,7"W	10°14'1,3"N	131,1	116,7	134,6	122,8	128,0	128,2	149,8	156,6	138,4	129,0	113,6	121,0	1569,8
Plato	25021610	74°30'17,5"W	9°41'8,4"N	131,1	116,7	134,6	122,8	128,0	128,2	149,8	156,6	138,4	129,0	113,6	121,0	1569,8
Pueblo viejo	29060120	74°21'42,3"W	10°58'34,4"N	131,1	116,7	134,6	122,8	128,0	128,2	149,8	156,6	138,4	129,0	113,6	121,0	1569,8
Remolino	29060540	74°39'49,2"W	10°35'26,2"N	131,1	116,7	134,6	122,8	128,0	128,2	149,8	156,6	138,4	129,0	113,6	121,0	1569,8
Sabanas de San Ángel	28040140	74°12'45,4"W	10°2'0"N	130,5	116,1	133,9	122,2	127,3	127,3	148,7	155,4	137,5	128,1	113,0	120,4	1560,4
Salamina	29050020	74°47'24"W	10°29'15,1"N	131,1	116,7	134,6	122,8	128,0	128,2	149,8	156,6	138,4	129,0	113,6	121,0	1569,8

San Sebastián de Buenavista	25025320	74°16'25"W	9°18'14"N	152,2	150,8	164,5	147,4	140,8	139,6	153,2	150,5	131,6	128,2	117,8	132,4	1709,0
Santa Ana	25021500	74°21'8,1"W	9°34'52,2"N	131,1	116,7	134,6	122,8	128,0	128,2	149,8	156,6	138,4	129,0	113,6	121,0	1569,8
Santa Barbara de Pinto	25021190	74°35'44,4"W	9°31'22,8"N	131,1	116,7	134,6	122,8	128,0	128,2	149,8	156,6	138,4	129,0	113,6	121,0	1569,8
Santa Marta	15015050	74°13'44"W	11°7'42"N	162,8	162,1	183,7	170,6	161,8	153,4	157,0	154,4	143,2	138,3	130,3	144,6	1862,2
Sitio nuevo	29060080	74°41'12,9"W	11°0'29,5"N	131,1	116,7	134,6	122,8	128,0	128,2	149,8	156,6	138,4	129,0	113,6	121,0	1569,8
Sucre																
Caimito	25020980	75°7'28"W	8°47'27"N	131,1	116,7	134,6	122,8	128,0	128,2	149,8	156,6	138,4	129,0	113,6	121,0	1569,8
Chalan	13090040	75°19'21"W	9°32'19"N	127,3	109,6	119,7	104,0	102,5	93,7	104,1	113,6	113,0	116,4	107,5	117,7	1329,1
Coloso	13095020	75°21'4,9"W	9°31'48,5"N	119,9	122,5	139,1	120,4	110,6	106,8	116,6	115,2	107,4	102,5	96,5	103,9	1361,4
Corozal	25020990	75°11'25"W	9°10'42"N	131,1	116,7	134,6	122,8	128,0	128,2	149,8	156,6	138,4	129,0	113,6	121,0	1569,8
Galeras	25021000	75°3'3"W	9°9'54"N	131,1	116,7	134,6	122,8	128,0	128,2	149,8	156,6	138,4	129,0	113,6	121,0	1569,8
Guaranda	25020940	74°44'8"W	8°19'58"N	131,1	116,7	134,6	122,8	128,0	128,2	149,8	156,6	138,4	129,0	113,6	121,0	1569,8
Los Palmitos	25020390	75°9'20,9"W	9°23'50"N	130,2	115,9	133,7	121,9	127,1	127,2	148,5	155,2	137,2	128,1	112,7	120,3	1558,0
Majagual	25025240	74°38'8"W	8°32'34,2"N	125,2	119,9	134,5	124,9	123,2	121,5	134,4	133,8	121,4	118,2	111,3	114,8	1483,1
Sampués	25025270	75°24'8"W	9°12'42"N	141,0	138,4	150,7	132,4	122,3	121,0	130,8	127,5	114,8	110,7	106,0	120,3	1515,9
San Benito Abad	25025180	75°2'11"W	8°56'7"N	138,0	133,9	147,4	136,6	131,3	130,8	141,6	138,8	126,3	122,7	114,2	124,6	1586,2
San Juan de Betulia	25020400	75°10'2,8"W	9°23'1,3"N	129,7	115,3	133,1	121,4	126,4	126,5	147,6	154,3	136,6	127,5	112,4	119,8	1550,6
San Marcos	25020740	75°5'21,4"W	8°34'34"N	131,1	116,7	134,6	122,8	128,0	128,2	149,8	156,6	138,4	129,0	113,6	121,0	1569,8
San Onofre	13090030	75°36'2"W	9°54'37"N	127,3	109,6	119,7	104,0	102,5	93,7	104,1	113,6	113,0	116,4	107,5	117,7	1329,1
San Pedro	25020770	75°3'10"W	9°24'11"N	129,4	115,1	132,8	121,1	126,1	126,2	147,1	153,9	136,2	127,2	112,1	119,5	1546,7
Santiago de Tolú	13090070	75°35'9"W	9°31'9"N	127,3	109,6	119,7	104,0	102,5	93,7	104,1	113,6	113,0	116,4	107,5	117,7	1329,1
Sincelejo	13090230	75°29'5"W	9°17'2"N	127,3	109,6	119,7	104,0	102,5	93,7	104,1	113,6	113,0	116,4	107,5	117,7	1329,1
Sucre	25020500	74°43'46"W	8°48'58"N	131,1	116,7	134,6	122,8	128,0	128,2	149,8	156,6	138,4	129,0	113,6	121,0	1569,8
Tolú Viejo	13090100	75°28'7"W	9°29'9"N	127,3	109,6	119,7	104,0	102,5	93,7	104,1	113,6	113,0	116,4	107,5	117,7	1329,1

Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam, 2018).

Anexo 2. Valores medios de coeficientes del cultivo (K_c) para plantas sin estrés para su uso en la ecuación de FAO Penman-Monteith

Cultivo	K_{cini}	K_{cpro}	K_{cfin}	Cultivo	K_{cini}	K_{cpro}	K_{cfin}
Ahuyama	0,50	1,00	0,75	Coliflor	0,65	1,05	0,95
Ajo	0,70	1,05	0,95	Habichuela	0,40	1,05	0,90
Berenjena	0,60	1,05	0,85	Pepino	0,50	1,00	0,75
Brócoli	0,65	1,05	0,95	Pimentón	0,60	1,05	0,90
Cebolla	0,65	1,05	0,75	Tomate de mesa	0,60	1,15	0,85
Zanahoria	0,70	1,05	0,95	Tomate industrial	0,55	0,95	0,60

K_{cini} : durante el estado inicial; K_{cpro} : durante el estado de producción; K_{cfin} : en el final del estado de maduración o precosecha

Fuente: Marouelli et al. (2011)

Anexo 3. Restricciones de uso del agua para fines de irrigación de acuerdo con los aspectos químicos

Aspecto químico		Restricción de uso		
Salinidad		Ninguno	Moderado	Severo
CEa (dS/m)		< 0,7	0,7-3,0	> 3,0
STD (mg/L)		< 450	450-2.000	> 2.000
Permeabilidad del suelo (infiltración)				
RAS = 0-3	; CEa (dS/m) =	> 0,7	0,7-0,2	< 0,2
RAS = 3-6	; CEa (dS/m) =	> 1,2	1,2-0,3	< 0,3
RAS = 6-12	; CEa (dS/m) =	> 1,9	1,9-0,5	< 0,5
RAS = 12-20	; CEa (dS/m) =	> 2,9	2,9-1,3	< 1,3
RAS = 20-40	; CEa (dS/m) =	> 5,0	5,0-2,9	< 2,9
Toxicidad				
Sodio (RAS)		< 3,0	3,0-9,0	> 9,0
Cloro (meq/L)		< 4,0	4,0-10,0	> 10,0
Boro (mg/L)		< 0,7	0,7-2,0	> 2,0
NH ₄ y NO ₃ (mg/L)		< 5,0	5,0-30,0	> 30,0

CEa: conductividad eléctrica del agua; STD: sólidos totales solubles; RAS: razón de absorción de sodio.

Fuente: Ayers y Westcot (1991).

Anexo 4. Riesgo potencial de taponamiento de goteros en función de la calidad del agua de irrigación

Calidad	Riesgo de taponamiento		
	Bajo	Medio	Alto
Física			
Sólidos suspendidos (mg/L)	< 50	50-100	> 100
Química			
pH	< 7,0	7,0-8,0	> 8,0
Sólidos disueltos (mg/L)	< 500	500-2.000	> 2.000
Manganeso (mg/L)	< 0,1	0,1-1,5	> 1,5
Hierro total (mg/L)	< 0,1	0,1-1,5	> 1,5
Ácido sulfúrico (mg/L)	< 0,5	0,5-2,0	> 2,0
Biológica			
Bacterias (n.º/mL)	< 10.000	10.000-50.000	> 50.000

Fuente: Gilbert y Ford (1986).

