

Modelo productivo

de **frijoles** para el Caribe húmedo
colombiano

Colección Transformación del Agro



El campo
es de todos

Minagricultura

Modelo productivo de frijoles para el Caribe húmedo colombiano

Autores

Adriana Patricia Tofiño Rivera
Yanine Roza Leguizamón
Douglas Andrés Gómez Latorre
Luis Fernando Gómez Ramírez
Pablo Julián Tamayo Molano

Mosquera, Colombia 2018

Modelo productivo de frijoles para el Caribe húmedo colombiano / Adriana Patricia Tofiño Rivera [y otros cuatro]. – Mosquera, (Colombia) : AGROSAVIA, 2018.

225 páginas -- (Colección Transformación al Agro)

Incluye referencias bibliográficas e ilustraciones

ISBN e- Book : 978-958-740-265-0

1. Frijol 2. *Phaseolus vulgaris* 3. *Vigna unguiculata* 4. *Vigna unguiculata sesquipedalis* 5. Manejo del suelo 6. Valor nutritivo 7. Control de enfermedades de plantas 8. Comercialización I. Tofiño Rivera, Adriana Patricia II. Roza Leguizamón, Yanine III. Gómez Latorre, Douglas Andrés IV. Gómez Ramírez, Luis Fernando V. Tamayo Molano, Pablo Julián.

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 Motilonia. Km 5 vía a Becerril, Agustín Codazzi, Cesar. Código postal 202050, Colombia.

Esta publicación es el resultado del proyecto de Corpoica "Obtención de variedades comerciales y de mercado campesino de frijol tolerante a alta temperatura bajo sistemas productivos sostenibles en el Caribe colombiano" realizado por Corpoica con el auspicio de Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural con el convenio 1828 de abril de 2014.

Fecha de recepción: 8 de mayo de 2018

Fecha de evaluación: 5 de junio de 2018

Fecha de aceptación: 27 de agosto de 2018

Colección Transformación del agro

Publicado en Mosquera, Colombia, diciembre de 2018

Preparación editorial

Editorial AGROSAVIA

editorial@agrosavia.co

Editora: Liliana Gaona García

Corrección de estilo: Nathalie de la Cuadra

Línea de atención al cliente: 018000121515

atencionalcliente@agrosavia.co

www.agrosavia.co

Citación sugerida: Tofiño-Rivera, A. P., Roza-

Leguizamón, Y., Gómez-Latorre, D. A., Gómez-

Ramírez, L. F., & Tamayo-Molano, P. J. (2018).

Modelo productivo de frijoles para el Caribe húmedo

colombiano. 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
Aproximación a la construcción del modelo de frijoles para el Caribe húmedo	16
Revisión sistemática	17
Tipo de estudio: revisión sistemática de la literatura científica	17
Definición de los núcleos productivos de frijol (zonas de cultivo tradicional y culturalmente reconocidas en el territorio como productoras de frijol)	19
Aplicación de talleres de consenso	20
Descripción del sistema productivo a partir de evaluaciones <i>in situ</i> en lotes de frijol	22
Identificación de los tipos comerciales de frijol consumidos en la subregión	23
Identificación de indicadores de transformación de frijol	23
Identificación de zonas de aptitud para el cultivo de frijol en la subregión	24
Capítulo I	25
Área geográfica y entorno ambiental	25
Distribución del cultivo global, nacional y departamental	26
Frijol común (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	26
Frijol caupí (<i>Vigna unguiculata</i> subsp. <i>sesquipedalis</i>)	28
Región Caribe colombiana	28
Aspectos geográficos generales de la Región Caribe colombiana	28
Delimitación de la Región Caribe	29
Caribe húmedo	30
Aspectos edafológicos del Caribe húmedo para el cultivo de frijol	32
Aspectos climáticos del Caribe húmedo para el cultivo de frijol	36
Aproximación: determinación de zonas más aptas para el cultivo de frijol	36
Capítulo II	50
Entorno social, enfoque étnico y agricultura familiar	50
Caracterización de las condiciones socioeconómicas de producción de frijol en el Caribe húmedo	52
Condiciones socioeconómicas	52

Etnias y agricultura familiar	60
Grupos étnicos	60
Sistema de agricultura familiar y étnico,	63
con arreglo multiestrato, cultivo principal frijol	63
Capítulo III.....	69
Frijol común <i>Phaseolus vulgaris</i> L.	69
Origen, taxonomía, clasificación, descripción botánica y ciclo de vida del cultivo	69
Origen.....	69
Taxonomía y clasificación	70
Descripción botánica	71
Recurso genético, variedades y valor nutricional	81
Acervos genéticos.....	82
Otras leguminosas	84
Variedades locales y mejoradas de frijol en el Caribe húmedo colombiano	84
Valor nutricional	87
Calidad culinaria y sensorial.....	88
Calidad y contenido nutricional del frijol <i>Phaseolus vulgaris</i> L.	88
Tecnología local de producción y recomendaciones de manejo	91
Análisis de suelo y preparación del terreno	93
Siembra	97
Fertilización	98
Riego	100
Malezas.....	102
Principales plagas que afectan el cultivo de frijol	105
Enfermedades	118
Microbiología de suelos	126
Cosecha, postcosecha, comercialización y autoconsumo	135
Cosecha	136
Postcosecha.....	137
Asistencia técnica	139

Capítulo IV	141
Frijol Caupí, <i>Vigna unguiculata</i>	141
Origen, taxonomía, clasificación, descripción botánica y etapas de desarrollo en el ciclo de vida del cultivo	141
Origen.....	141
Taxonomía y clasificación	142
Descripción botánica	143
Recurso genético, variedades y valor nutricional	147
Variedades locales y mejoradas de frijol en el Caribe húmedo colombiano	148
Valor nutricional	149
Calidad culinaria y sensorial.....	149
Calidad y contenido nutricional del frijol caupí.....	150
Recomendaciones técnicas de manejo	151
Preparación del terreno	152
Siembra: épocas y sistemas	152
Fertilización	153
Riego: fuentes hídricas y tipo de riego	153
Malezas.....	154
Plagas.....	154
Enfermedades en frijol caupí.....	155
Cosecha	158
Capítulo V	164
Habichuela larga, <i>Vigna unguiculata</i> subsp. <i>sesquipedalis</i> (L.) Verdc.....	164
Origen, taxonomía, clasificación,	164
descripción botánica y ciclo del cultivo	164
Origen.....	164
Clasificación.....	165
Descripción botánica	165
Recurso genético, variedades y valor nutricional	166
Variedades locales y mejoradas de frijol en el Caribe húmedo colombiano	169
Valor nutricional	169

Calidad culinaria y sensorial.....	169
Calidad y contenido nutricional de la habichuela larga	170
Técnico productivas y recomendaciones técnicas de manejo.....	170
Análisis de suelo y preparación del terreno	171
Siembra: épocas y sistemas	172
Fertilización	172
Riego: fuentes hídricas y tipo de riego	173
Malezas.....	173
Plagas.....	173
Enfermedades en habichuela.....	174
Cosecha	174
Capítulo VI	182
Comercialización y mercado	182
Plaza de mercado y almacenes de cadena.....	182
Autoconsumo	184
Capítulo VII	185
Agroindustria.....	185
Capítulo VIII	187
Costos de producción.....	187
Capítulo IX	192
Consideraciones finales y recomendaciones	192
Agradecimientos.....	197
Los autores.....	198
Referencias.....	200
Glosario	221

Lista de figuras

Figura 1	Talleres con productores de frijol	21
Figura 2	Evaluación de tecnología local de producción, plagas y enfermedades. ..	22
Figura 3	Entrevista con productor de frijol caupí y habichuela larga en Carmen de Bolívar, departamento de Bolívar.	23
Figura 4	Regiones Naturales de Colombia	30
Figura 5	Área delimitada para la región Caribe húmedo.....	31
Figura 6	Taxonomía de suelos para el Caribe húmedo	35
Figura 7	Clasificación de la precipitación en ciclo de cultivo (abril-junio), periodo climatológicamente más seco, según aptitud para el cultivo de frijol.....	40
Figura 8	Clasificación de la temperatura media multianual según aptitud para el cultivo de frijol	42
Figura 9	Clasificación de la humedad relativa media multianual según aptitud para el cultivo de frijol	44
Figura 10	Clasificación de la elevación según aptitud para el cultivo de frijol.....	46
Figura 11	Clasificación del pH para la región Caribe, según aptitud para el cultivo de frijol	47
Figura 12	Mapa de áreas aptas para el cultivo de frijol.....	49
Figura 13	Nivel de escolaridad de los productores de frijol encuestados	53
Figura 14	Tipo de propiedad del predio donde cultivan el frijol	54
Figura 15	Topografía predominante donde se siembra frijol en Caribe húmedo	55
Figura 16	Tipo de vía de acceso a la finca en porcentaje	56
Figura 17	Estado de la vía de acceso al predio productor de frijol	57
Figura 18	Acceso a servicios públicos en los predios de los productores	58
Figura 19	Tipo de mano de obra utilizada para la producción de frijol en el Caribe húmedo	59
Figura 20	Arreglos multiestrato.....	65
Figura 21	Taxonomía de <i>Phaseolus vulgaris</i> L.	70
Figura 22	Sistema radical en frijol arbustivo tipo Zaragoza	71
Figura 23	Tallo de planta arbustiva de frijol	72
Figura 24	Hábito de crecimiento determinado arbustivo	74
Figura 25	Hábito de crecimiento indeterminado arbustivo.....	74

Figura 26	Hábito de crecimiento indeterminado postrado	75
Figura 27	Hábito de crecimiento indeterminado trepador.....	76
Figura 28	Ramas de frijol <i>Phaseolus vulgaris</i> L.....	77
Figura 29	Hojas de frijol <i>Phaseolus vulgaris</i> L., Río de Oro, Cesar.....	78
Figura 30	Flor de <i>Phaseolus vulgaris</i> L. Variedad local frijol zaragoza	79
Figura 31	Fruto de <i>Phaseolus vulgaris</i> L.	79
Figura 32	Semilla de frijol <i>Phaseolus vulgaris</i> L., variedad de frijol biofortificado Corpoica rojo 43	80
Figura 33	Variedades de frijol	86
Figura 34	Preparación del terreno para la siembra de frijol en Caribe húmedo.	93
Figura 35	Tipos de recorrido para toma de muestras de suelo.....	95
Figura 36	Preparación del terreno para la siembra de frijol común.....	95
Figura 37	Sistemas de siembra de frijol	97
Figura 38	Reservorio en lote de frijol en Cesar.....	100
Figura 39	Principal fuente de agua para riego en el cultivo de frijol común	101
Figura 40	Sistemas de riego	101
Figura 41	Malezas que afectan al frijol	104
Figura 42	Babosas en cultivo de frijol, Manaure, Cesar.....	107
Figura 43	<i>Diabrotica</i> en cultivo de frijol, Manaure, Cesar	108
Figura 44	Daño causado por <i>Diabrotica</i> en cultivo de frijol, González, Cesar	109
Figura 45	Mosca blanca o palometa en cultivo de frijol en Río de Oro, Cesar.....	110
Figura 46	Larvas de chiza o mojoyoy	111
Figura 47	Daño causado por barrenador de la vaina del frijol.....	112
Figura 48	Daño causado por minador	113
Figura 49	Gusano medidor en cultivo de frijol, Manaure, Cesar	114
Figura 50	Hormiga arriera, en cultivo de frijol.....	115
Figura 51	Semilla de frijol común afectada por <i>Acanthoscelides obtectus</i> (gorgojo)	116
Figura 52	Control de plagas, enfermedades y malezas en cultivo de frijol en Río de Oro Cesar	118
Figura 53	Mustia hilachosa en cultivo de frijol en Caribe húmedo	119
Figura 54	Síntomas de antracnosis en cultivo de frijol común en Caribe húmedo ...	121
Figura 55	Síntomas de <i>Fusarium solani</i> en cultivo de frijol común en Caribe húmedo ...	122

Figura 56	<i>Fusarium solani</i> en cultivo de frijol común en Caribe húmedo	123
Figura 57	Fumagina en cultivo de frijol común, Río de Oro, Cesar	124
Figura 58	Roya en frijol común, Río de Oro, Cesar.....	125
Figura 59	Nódulos por nematodos, en raíces de frijol común, Río de Oro, Cesar	126
Figura 60	Secado final de la planta de frijol común antes del acarreo, González, Cesar	137
Figura 61	Máquina desgranadora de frijol en González, Cesar.....	138
Figura 62	Taxonomía de <i>Vigna unguiculata</i>	142
Figura 63	Frijol caupí en monocultivo en Córdoba	144
Figura 64	Hábitos de crecimiento del frijol caupí	145
Figura 65	Frijol caupí tipo cuarentano. Barrancas, La Guajira.....	148
Figura 66	Frijol caupí, Carmen de Bolívar, Bolívar	152
Figura 67	Frijol caupí para venta al verdeo, Carmen de Bolívar, Bolívar	158
Figura 68	Taxonomía de <i>Vigna unguiculata</i> subsp. <i>sesquipedalis</i>	165
Figura 69	Hábito de crecimiento indeterminado trepador.....	166
Figura 70	Longitud de una vaina de habichuela larga, Lórica, Córdoba	167
Figura 71	Cultivo de habichuela larga en Lórica, Córdoba	171
Figura 72	Manejo de habichuela larga para comercialización, San Marcos, Sucre...	175
Figura 73	Frijoles de múltiples colores en plazas de mercado.....	183

Lista de tablas

Tabla 1	Resultados de los análisis de suelo de los municipios más productores de frijol en el Caribe húmedo	34
Tabla 2	Calificación de aptitud y rangos por variable para frijol	38
Tabla 3	Nutrientes y energía contenidos en 100 gramos de frijol crudo	91
Tabla 4	Extracción de minerales por la planta de frijol	98
Tabla 5	Recuento de hongos de muestras de suelo, Río de Oro y González, sur del Cesar	129
Tabla 6	Tecnología local de producción del cultivo de frijol común <i>Phaseolus vulgaris</i> L. en Caribe húmedo	130
Tabla 7	Plagas según etapa de desarrollo del ciclo de cultivo de frijol común <i>Phaseolus vulgaris</i> L.	132
Tabla 8	Principales enfermedades registradas en Caribe húmedo, según su aparición en etapas de cultivo de frijol común <i>Phaseolus vulgaris</i> L.	133
Tabla 9	Plagas de importancia económica registradas en frijol caupí	155
Tabla 10	Tecnología local de producción del cultivo de frijol caupí <i>Vigna unguiculata</i> en Caribe húmedo.....	156
Tabla 11	Plagas según etapa de desarrollo del ciclo de cultivo de frijol caupí, <i>Vigna unguiculata</i> , Walp	160
Tabla 12	Principales enfermedades registradas en Caribe húmedo, señaladas según su aparición en las etapas de desarrollo del cultivo de frijol caupí, <i>Vigna unguiculata</i> , Walp.	161
Tabla 13	Área y producción de habichuela larga en la región Caribe	169
Tabla 14	Concentración (en %) de los elementos nutritivos que contienen la vaina y hoja de <i>Vigna unguiculata</i> subsp. <i>sesquipedalis</i> (L.) Fruwirth.....	170
Tabla 15	Tecnología local de producción del cultivo de habichuela larga <i>Vigna unguiculata</i> subsp. <i>sesquipedalis</i> en Caribe húmedo.....	176
Tabla 16	Plagas según etapa de desarrollo del ciclo de cultivo de habichuela larga <i>Vigna unguiculata</i> subsp. <i>sesquipedalis</i>	179
Tabla 17	Principales enfermedades registradas en Caribe húmedo, señaladas según su aparición en las etapas de desarrollo del cultivo de habichuela larga <i>Vigna unguiculata</i> subsp. <i>sesquipedalis</i>	180

Tabla 18	Resumen de costos de frijol común en sur del Cesar para 1 ha	188
Tabla 19	Resumen de costos frijol Caupi para 1 ha.....	188
Tabla 20	Resumen de costos habichuela larga para 1 ha	189

Introducción

La producción hortícola en Colombia se caracteriza por su diversidad, fragmentación y cultivo a baja escala (0,25 a 2 hectáreas), sobresaliendo la participación del cultivo de alverja (26,5%), cebolla junca (15,6%), tomate (14,6%), cebolla cabezona (11,4%), zanahoria (7,4%), habichuela (4,9%) y alcachofa (3,1%); mientras que los demás cultivos tienen una participación de 16,9% (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [AGROSAVIA], s.f.).

Estudios previos del sector hortofrutícola en costa Caribe revelan que la producción del sector se ha desarrollado tradicionalmente en sistemas de baja tecnificación, en huertas caseras; además, en un alto porcentaje los pequeños productores manejan sus cultivos en contravía respecto a los factores comerciales y ambientales, en deterioro de la rentabilidad de la materia prima y de los recursos naturales disponibles. Esto se refleja en el hecho de que el 92,4% de pequeños productores que no emplean ninguna tecnología moderna contribuye en el mercado del sector (Lopera et al., 2009). Las hortalizas más representativas en términos de áreas productivas son arveja (28.098 ha), tomate (15.181 ha), cebolla cabezona (11.176 ha), zanahoria (9.900 ha), habichuela (6.134 ha), cebolla junca (6.088 ha), ahuyama (4.592 ha), lechuga (3.363 ha), hortalizas varias (2.587 ha) y cilantro (2.439 ha), que abarcan el 86,20% del total (Asociación Hortifrutícola de Colombia [Asohfrucol], 2009).

En la región Caribe la producción de hortalizas no se considera una práctica tradicional y la oferta de productos hortícolas no es abundante, pues se hace a muy pequeña escala. En esto sobresale el ají dulce, la ahuyama, la berenjena y la habichuela larga como las especies principales, sin desconocer que el tomate, el cebollín y algunas cucurbitáceas como el melón y la patilla se cultivan también en menor escala (Martínez-Reina, 2013). Por otro lado, el consumo interno de productos hortícolas sigue siendo bajo respecto al referido por países del primer mundo. El consumo de frutas y hortalizas del país (200 g/persona/día frente a los 400 g/día recomendados por la Organización Mundial de la Salud [OMS, s.f.b]) es uno de los más bajos de América Latina y de muchos países del planeta. El consumo per cápita en el mundo tiene una tendencia creciente (OMS, s.f.a). De

acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (Salcedo & Guzmán, 2014), a nivel mundial el consumo de hortalizas pasó de 86,3 kilos a 103,6 kilos; mientras que en Colombia el consumo per cápita pasó de 23 a 23,3 kilos/persona año (Consumo de frutas y hortalizas, 2010). Por tanto, si el país atiende las recomendaciones de los Conpes agroalimentarios, que incluyen el consumo diario de frutas y hortalizas como hábitos de vida saludables en la promoción de la enfermedad, se requerirá no solo el incremento de áreas, sino también la implementación de esquemas de agricultura intensiva sostenible para maximizar la productividad, calidad del producto y mitigar el impacto ambiental de las actividades agrícolas, a través de un proceso en el cual se empodere el conocimiento por parte del productor y se maximice la biodiversidad en el sistema productivo (Organización de las Naciones Unidad para la Alimentación [FAO], 2011). Una de las regiones promisorias del país para la promoción del cultivo de hortalizas y leguminosas es la costa Caribe, debido a la oferta biofísica que limita la presión de enfermedades foliares, en especial durante las épocas secas del año (Romero, 2015).

En este sentido, el consumo de frijoles constituye un componente relevante en la dieta de la población del Caribe húmedo. Sin embargo, la subregión presenta indicadores negativos respecto a la seguridad alimentaria, pues un alto porcentaje de los frijoles que consume proviene de otras regiones del país (Viloria De la Hoz, 2006). La producción nacional de frijol se concentra en la región Andina (85 % de la producción total) y en la costa Atlántica (13 %). El 65 % de la producción nacional de frijol proviene del cultivo de variedades volubles o de enredadera y el 35 % restante, de variedades arbustivas. Estas últimas se cultivan entre 0 y 1.800 m s. n. m. (climas medio y cálido) (Federación Nacional de Cereales y Leguminosas [Fenalce], 2011). El rendimiento promedio del país es de 1,22 t/ha, mientras que en la región Caribe es de 0,8 t/ha (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR], 2017). La reducción en la productividad del cultivo de frijol en la subregión Caribe húmedo está asociada con el deterioro de la calidad de los suelos; alta presión de plagas, enfermedades, carencia de sistemas acordes con la oferta biofísica del territorio y con menor impacto al medio ambiente; carencia de sistemas de producción de semilla y baja oferta de variedades mejoradas, habilitadas para la subregión. En el caso de las sabanas, la pérdida de calidad de suelo está relacionada con los

efectos de la agricultura convencional de cultivos transitorios como algodón, sorgo y maíz, que generaron alta presión de arvenses y pérdida de la capa de suelo arable debido a malas prácticas de preparación del suelo. Por otro lado, la alta presión biótica está asociada al mal manejo de las hortalizas producidas en la zona, que mantiene altos niveles en aquellas comunes al frijol; esto aunado a la baja rotación de cultivos y a la perpetuación de patógenos a partir de semillas obtenidas de los campos de producción. Respecto a zonas de pie de monte, laderas, playones, islotes en área fluvial donde está concentrada la producción de hortalizas de la zona, la productividad ha sido por causa de los efectos del conflicto armado, al mal estado de las vías de acceso, altos costos de transporte de productos, baja disponibilidad de semilla, inclusive criolla, y bajo cubrimiento de asistencia técnica. Por todo lo anterior, la productividad del cultivo de frijol común es inferior al promedio nacional y se ha concentrado en montes de maría y zonas montañosas de la región (Viloria de la Hoz, 2006). Adicionalmente, la cultura gastronómica del territorio es rica en consumo de diferentes especies de leguminosas, las cuales se asocian al término *frijoles*. En este sentido, las variedades locales adquieren gran relevancia gracias al bajo número de productores con acceso a material mejorado y componentes de tecnificación del cultivo de frijol (Araméndiz & Cardona, 2017).

El Modelo productivo de frijol para la subregión Caribe húmedo de Colombia constituye un nuevo aporte al conocimiento y al avance técnico de los investigadores de la Red de Hortalizas y Plantas Aromáticas de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). En él se recopilan los resultados más importantes obtenidos en el macroproyecto de hortalizas titulado *Ajuste a los sistemas productivos de variedades mejoradas hortícolas priorizadas para el Caribe colombiano con beneficio a la comercialización y mitigación del impacto ambiental*, a partir de los proyectos de agenda interna *Obtención de variedades comerciales y de mercado campesino de frijol tolerante a alta temperatura bajo sistemas productivos sostenibles en el Caribe colombiano* y *Análisis Socioeconómico, tecnológico y de mercado de las principales hortalizas cultivadas en la Región Caribe de Colombia*, en especial en aspectos relacionados con características socioeconómicas y tecnológicas de los productores, y algunas prácticas agronómicas del cultivo (densidades de siembra, riego y nutrición). Por ello, el presente documento pretende orientar, describir e ilustrar a productores

y asistentes técnicos sobre los aspectos agronómicos y técnicos más importantes del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y especies afines, de acuerdo con las particularidades biosociales del Caribe húmedo. A pesar de que además del frijol común se identificaron el frijol caupí, la habichuela larga y el guandul, no se incluyen las complejidades productivas de este último, pues esta especie no se apreció como cultivo sino como barrera o sombrío de especies transitorias.

Finalmente, es importante precisar que la contribución de este documento al conocimiento de las especies de interés yace en la descripción de la tecnología local de producción y su estructura de costos, la tipología de productor y la propuesta de zonas de aptitud para cada tipo de frijol. Sin embargo, hay limitaciones en el texto relacionadas con la baja disponibilidad de resultados de investigación en el manejo integrado de los cultivos. Así, aunque se realizó una búsqueda exhaustiva en los repositorios institucionales, la información generada por la academia regional y la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) respecto a recomendaciones de manejo agronómico, plagas y enfermedades de las especies consideradas en este escrito es mínima. Por tal razón, esta versión preliminar de modelo productivo deberá actualizarse con datos primarios derivados de la verificación en la zona y del uso de los ejemplos de manejo para zonas agroecológicas similares que se describen en este texto.

Aproximación a la construcción del modelo de frijoles para el Caribe húmedo

Teniendo en cuenta que los modelos productivos presentan una alta especificidad frente a la zona agroecológica, se desarrolla un modelo productivo de frijol para el Caribe húmedo colombiano. Se logró incorporar información primaria o resultados de investigación de la zona en un gran número de ítems; sin embargo, en otros casos, especialmente en lo relacionado con el manejo de plagas y enfermedades, no se registraron resultados, a pesar de las búsquedas en repositorios de la Universidad de Córdoba, la Universidad del Atlántico y la Universidad del Sinú. Por tanto, se seleccionaron resultados de otros países en zonas agroecológicas afines al Caribe húmedo colombiano.

Para el desarrollo de los temarios incluidos en el texto, se hizo revisión sistemática, recolección de información primaria en las zonas de producción y secundaria en literatura gris de las entidades del sector enclavadas en las regiones; se identificaron además los focos productivos de frijol y las especies afines en la región para el desarrollo de talleres de consenso, encuestas y entrevistas semiestructuradas. Estos permitieron definir la tecnología local de producción que se comparó con el modelo productivo sugerido por AGROSAVIA y otras entidades del sector. Asimismo, se identificaron las variedades de frijol disponibles en los mercados regionales y en los campos de producción, información requerida para generar el modelo productivo aplicable al cultivo de frijol y especies afines en la subregión Caribe húmedo.

Un abordaje integral para la descripción y el análisis de la cadena de suministro de los frijoles sembrados, consumidos y comercializados en los departamentos que hacen parte de la subregión Caribe húmedo requiere intervención multidisciplinaria, en la cual debe confrontarse la información secundaria producto de fuentes de alta calidad con la información primaria conseguida en la zona de intervención. A continuación, se describe una propuesta para la obtención del modelo productivo.

Revisión sistemática

Se realizó una revisión sistemática, con el fin de conocer cuáles son las evidencias científicas esenciales sobre los condicionantes técnicos y la respuesta del germoplasma de *Phaseolus* y *Vigna* a las condiciones ambientales y de manejo bajo las condiciones del Caribe húmedo. Se adaptó la metodología de acuerdo con el protocolo prisma (Shamsser et al., 2015).

Tipo de estudio: revisión sistemática de la literatura científica

Protocolo de investigación: la planificación de la vigilancia varió para esta subregión, pues de acuerdo con los datos previos respecto a la producción de frijol, se encontró que en la subregión se producen diferentes especies cuyo grano se asimila al nombre genérico frijol (*Phaseolus*, *Vigna*, *Cajanus*). Por tanto, enfocar el modelo principalmente a frijol común invisibilizaría la diversidad productiva y cultural en torno a la canasta de leguminosas que caracteriza al Caribe húmedo. Esta producción no es solo de autoconsumo, ya que estos granos se comercializan tanto en los mercados locales, como en almacenes de cadena.

Se realizó, entonces, una búsqueda de literatura científica en las bases de datos Elton B. Stephens Company (EBSCO), *Excerpta Medica Database* (Embase), Bases de Datos Digital de Información Científica y Especializada (Science direct), Scientific Electronic Library Online (SciELO) y Literatura Latinoamericana de Información en Ciencias de la Salud (Lilacs), sin restricción por fecha el día 22 de marzo de 2018. Se utilizó una ecuación de búsqueda definida con el nombre científico de las plantas de interés (*Phaseolus vulgaris* L., *Vigna unguiculata*, *Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis*, *Cajanus cajan*) para evitar ambigüedades, debido a que con el nombre genérico de frijol se agrupan diversas especies de la familia de las leguminosas, y así garantizar exhaustividad. Para cada especie se realizó una revisión sistemática independiente con su base individual de captura de información y análisis.

Así, pues, se definieron los siguientes criterios de selección:

- Criterios de inclusión:
 - Título/resumen que informe el género y la especie de las plantas blanco *P. vulgaris*, *V. unguiculata*, *V. unguiculata* supsp. *sesquipedalis*, *Cajanus cajan*
 - Artículos originales
 - Título/resumen que informe resultados exitosos del manejo integrado del cultivo en el trópico bajo
 - Estudios publicados en español, inglés o portugués
- Criterios de exclusión: artículos no disponibles en texto completo.

Extracción de información: los artículos recuperados fueron exportados al programa Zotero y se les eliminaron duplicados. La aplicación del protocolo de investigación se llevó a cabo por dos investigadores de forma independiente, para garantizar la reproducibilidad de la revisión. Teniendo en cuenta que no se presentaron discrepancias, no fue necesario realizar resolución de estas por consenso ni por referencia de un tercero.

Se realizó la extracción de la información de cada artículo en una base de datos en el programa Microsoft Office Excel versión 2013, mediante las siguientes variables: año, país, autor, título, revista de publicación, práctica cultural aplicada, ingrediente activo, bioinsumo utilizado, microorganismo que fundamenta la actividad controladora y resultado obtenido en términos de rendimiento y control de la plaga o enfermedad.

Evaluación de la calidad metodológica: no se aplicó esta evaluación debido a la heterogeneidad de métodos, microorganismos y su diversidad biológica (hongo, virus, parásitos, bacterias), además de la pluralidad de la metodología de evaluación de blancos o la actividad antimicrobiana.

Análisis de datos obtenidos: la información conseguida de los estudios seleccionados se almacenó en una base de datos en el programa Microsoft Office Excel 2013. Se realizó una síntesis cualitativa de los resultados con los datos que se generaron en los estudios incluidos. Además, se aplicó un análisis

descriptivo incluyendo distribución de frecuencias en porcentaje y su intervalo de confianza (IC) al 95 % (IC 95 %).

Después de depurar la información, se obtuvieron 420 registros para frijol común, 250 registros para caupí y 118 de guandul. A partir de cada matriz se seleccionaron los documentos que fundamentan el soporte teórico del modelo de frijoles para el Caribe húmedo.

Definición de los núcleos productivos de frijol (zonas de cultivo tradicional y culturalmente reconocidas en el territorio como productoras de frijol)

Para la estructuración del modelo productivo de frijol se necesitó la recolección de información primaria en talleres de consenso, lotes cultivados con frijol, entrevistas semiestructuradas con productores de experiencia comprobada en el cultivo, mercados y centrales de abasto. Dado que esta información no podía tomarse en todos los municipios que componen los tres departamentos de la subregión Caribe húmedo, se aplicó una metodología de priorización para identificar núcleos productivos de frijol común. Para esto se solicitó al Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) acceso a los microdatos del Censo Nacional Agropecuario 2014, los cuales se exportaron a Excel y se filtraron por unidad de producción agropecuaria (UPA) de frijol. A partir de lo anterior, se obtuvo el número de UPA por municipio, para los tres departamentos que componen el Caribe húmedo. Posteriormente, se determinó cuáles eran los municipios con mayor área de frijol establecida en cada departamento y se cruzó esta información con los datos de las evaluaciones agropecuarias municipales (EVAS), pues en el censo no se discriminó el frijol por especie, y las EVAS permiten al menos identificar categorías dentro del frijol (frijol voluble, frijol arbustivo, frijol de ladera y frijol plano). Esta información permitió identificar cuáles eran las zonas productoras de frijol común y cuáles las productoras de otros frijoles, y con estos datos se identificaron los cuatro municipios más importantes para frijol común y otros frijoles.

Por último, se contactó a las Unidades Municipales de Asistencia Técnica Agropecuaria (UMATA), priorizando del listado a aquellos departamentos con UMATA funcional. Esto se hizo para garantizar una información precisa para la convocatoria de los productores a los talleres de consenso, ubicación de fincas y, en general, de productores con vocación productiva de frijol común y otras leguminosas.

Finalmente, se priorizaron los siguientes municipios:

- Frijol común
 - Córdoba: Lórica.
 - Sucre: Corozal.
 - Bolívar: Carmen de Bolívar, Cartagena y María La Baja.
 - Sur del Cesar: Río de oro, González.
- Otras leguminosas
 - Córdoba: La apartada, Cereté.
 - Sucre: Corozal.
 - Bolívar: Calamar, Carmen de Bolívar.

La información primaria recopilada para la elaboración de modelos de frijol se obtuvo en los municipios priorizados.

Aplicación de talleres de consenso

En cada municipio priorizado, con el apoyo de la Umata, se realizó una convocatoria a los productores con experiencia comprobada en frijol, especificando si se trataba de frijol común u otra leguminosa. Esto con el objetivo de realizar talleres de consenso sobre la tecnología local de producción y aspectos socioeconómicos inherentes a la producción regional de frijol (figura 1a).



Fotos: Adriana Tofino R.

Figura 1. Talleres con productores de frijol. a. Carmen de Bolívar, Bolívar; b. Santa Marta, Magdalena.

AGROSAVIA (antes Corpoica) ha utilizado con éxito la herramienta tecnológica Turning Point®¹, la cual ha sido empleada en diferentes espacios como una herramienta de las TIC que permite evaluación de conocimientos previos y estilos de aprendizaje de una manera interactiva (Páez, 2015), intervención en espacios sociorurales y optimización del tiempo y de los recursos disponibles; además,

¹ TurningPoint® es una marca comercial de Turning Technologies® (Turning Technologies®, 2015), registrada en Estados Unidos, siendo este uno de los productos más populares de la compañía. Este tipo de tecnología de votación se ha reconocido a través del uso por parte de la audiencia en el concurso televisivo *¿Quién quiere ser millonario?* y puede ser usado en computadores PC o Mac. Son varias las funcionalidades que ofrece este software y como potencial didáctico en el aula de clase, el proceso consiste básicamente en tres etapas que se pueden resumir como sigue: a) diseño de la actividad; b) ejecución de la presentación interactiva y c) generación de informes (Páez, 2015; Turning Technologies, 2013).

facilita la retroalimentación por parte de los productores y demás asistentes. El análisis de la información se realizó exportando la información a Excel y aplicando estadística descriptiva (figura 1b).

Descripción del sistema productivo a partir de evaluaciones *in situ* en lotes de frijol

A partir de los talleres de consenso, se identificaron productores con cultivo de frijol en diferentes estados fenológicos y se realizaron visitas a los lotes de frijol, con el fin de verificar en campo lo descrito en los talleres e identificar las plagas y enfermedades presentes (figura 2).



Foto: Yanine Rozo L.

Figura 2. Evaluación de tecnología local de producción, plagas y enfermedades.

Adicionalmente, se realizaron entrevistas semiestructuradas en formato de audio y video, con el objetivo de documentar el proceso y enriquecer la información (figura 3).



Foto: Adriana Tofiño R.

Figura 3. Entrevista con productor de frijol caupí y habichuela larga en Carmen de Bolívar, departamento de Bolívar.

Identificación de los tipos comerciales de fríjol consumidos en la subregión

Se realizaron visitas a las plazas de mercado de las capitales de los tres departamentos que pertenecen a la subregión Caribe húmedo y se verificaron los tipos comerciales de fríjol que se ofertan, al igual que sus precios. También se realizaron visitas a almacenes de cadena y se verificaron los tipos ofertados al igual que sus precios.

Identificación de indicadores de transformación de fríjol

Respecto a este aspecto, se consultó con los jefes de UMATA de los municipios priorizados si existía alguna asociación o empresa que beneficiara y empacara granos de fríjol. Adicionalmente, se verificó en los almacenes de cadena las presentaciones de fríjol transformado y en el caso de fríjol empacado se verificó la ubicación de la empresa empacadora.

Identificación de zonas de aptitud para el cultivo de fríjol en la subregión

La aproximación consideró variables climáticas, biofísicas y territoriales que ofrecen mayor limitación para el desarrollo del cultivo de frijol. A partir de información secundaria y consultas investigadores de conocida trayectoria en el estudio del cultivo, se definieron umbrales de aptitud por cada variable, calificando de la siguiente manera: 3 a los rangos con aptitud alta, 2 con media, 1 con baja y 0 no apta. A continuación, se integraron las variables a través de un proceso de álgebra de mapas basado en un cálculo aritmético sencillo, basado en una sumatoria de la aptitud por variable sobre el número de variables utilizadas. El resultado obtenido es la aproximación que definen las zonas de aptitud para el cultivo de frijol en la subregión Caribe húmedo.

Capítulo I

Área geográfica y entorno ambiental

La oferta biofísica reta la plasticidad fenotípica de los cultivares de frijol. La agricultura climáticamente inteligente es definida por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) como:

(...) un enfoque que ayuda a orientar las acciones necesarias para transformar y reorientar los sistemas agrícolas a fin de apoyar de forma eficaz el desarrollo y garantizar la seguridad alimentaria en el contexto de un clima cambiante. La agricultura climáticamente inteligente (CSA) persigue tres objetivos principales: el aumento sostenible de la productividad y los ingresos agrícolas, la adaptación y la creación de resiliencia ante el cambio climático y la reducción y/o absorción de gases de efecto invernadero, en la medida de lo posible (FAO, s.f.b).

La CSA constituye un enfoque para desarrollar estrategias agrícolas encaminadas a garantizar la seguridad alimentaria sostenible en el marco del cambio climático. La CSA provee los medios para ayudar a las partes interesadas a identificar, en los niveles local, nacional e internacional, estrategias agrícolas acordes con las condiciones de cada lugar. La CSA es una de las 11 esferas institucionales para la movilización de recursos en el marco de los cinco objetivos estratégicos de la FAO. Está alineada con la visión de la organización de una alimentación y una agricultura sostenibles y ha sido desarrollada contribuyendo al objetivo estratégico n°2: "hacer que la agricultura, la actividad forestal y la pesca sean más productivas y sostenibles. (s.f.b)

Un enfoque de la CSA consiste en identificar aquellos escenarios donde los cultivos obtienen ventajas comparativas para su desarrollo, bien sea por incremento en su productividad o por la disminución de los costos de producción, asociados al renglón de agroinsumos y riego (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [Corpoica], 2016). En este capítulo se muestra cómo la oferta bioclimática se acopla al potencial productivo del frijol o lo restringe, y se define una clasificación aproximada de zonas según aptitud para el cultivo de frijol, enfrentando dos géneros divergentes en sus necesidades, como son *Vigna* y *Phaseolus*, principales leguminosas presentes en la subregión Caribe húmedo.

Distribución del cultivo global, nacional y departamental

Frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.)

Es la leguminosa de grano de mayor producción en el mundo y que tiene gran relevancia en la alimentación y nutrición humana (Beebe et al., 2011; (Beebe, Rao, Blair, & Acosta-Gallegos, 2013; Broughton et al., 2003), debido a que constituye una importante fuente de proteínas, aminoácidos esenciales y hierro (Rivas, 1992).

La producción mundial de frijol creció a una tasa promedio anual de 1,6 % entre 2003 y 2014, con lo cual aumentó a 26 millones de toneladas producidas. En diez países se concentra el 70 % de la producción mundial; Nicaragua ocupa el puesto número 27 de los 124 países productores en 2014 (Fideicomisos Instituidos en relación con la Agricultura [FIRA], s.f.). Se estima que se consumen en el mundo alrededor de 17 millones de toneladas de frijol. Así, los primeros cinco países consumidores participan en conjunto con el 57,7 % del consumo mundial. En 2016 se cosecharon alrededor de 29 millones de hectáreas en todo el mundo, con una producción de más de 26 millones de toneladas de frijol seco, siendo América el continente que más produce, con un 27 % de la producción mundial, seguido de África con cerca de un 25 % (FAO, s.f.a).

En Colombia, el cultivo de frijol presenta una producción aproximada de 116.815 toneladas, sembradas en poco más de 98.000 hectáreas con un rendimiento promedio de 1,16 t/ha⁻¹, siendo los departamentos del Huila, Tolima y Cundinamarca los de mayor participación en la producción nacional, con un 22 %, 16,6 y 16,1%, respectivamente (MADR, 2017).

Los ambientes donde se cultiva el frijol común varían, pueden ser zonas tropicales o alta montaña, con diversos hábitos de crecimiento (arbustivo determinado, arbustivo indeterminado y voluble), y en sistemas de producción se presentan desde los tradicionales hasta los altamente tecnificados (Rosas, 2011).

El rendimiento promedio del cultivo de frijol para Colombia, según cálculos del periodo 2010-2015 de datos obtenidos de las evaluaciones agropecuarias municipales (EVAS), es de $1,17 \text{ t/ha}^{-1}$. Según las estadísticas anuales de la Federación Nacional de Cereales y Leguminosas, los mayores rendimientos en t/ha^{-1} se encuentran en los departamentos del Tolima con un promedio de $1,9 \text{ t/ha}^{-1}$, Antioquia con $1,7 \text{ t/ha}^{-1}$, Huila con $1,65 \text{ t/ha}^{-1}$, y Cundinamarca con $1,2 \text{ t/ha}^{-1}$. La producción nacional de frijol proviene en un 65% del cultivo de variedades volubles o de y 35% proviene de variedades arbustivas que se cultivan en clima frío moderado. Diacol Nutibara, variedad arbustiva es una de las primeras variedades desarrolladas por hibridación, seguida de Diacol Nima (Fenalce, s.f.).

En lo que respecta a los frijoles volubles de origen Andino (de enredadera), se destaca dentro de la gran diversidad de clases comerciales presentes en Colombia el cargamanto, sembrado principalmente en Antioquia sobre los 2000 m s. n. m, el mortiño en el departamento de Nariño y el tipo bola roja, en el altiplano cundiboyacense. Hoy en día, 13 variedades del Instituto Agropecuario Colombiano (ICA) se han lanzado como variedades en 21 países del mundo, gracias al apoyo investigativo del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) (Voysest, 2000).

Los principales problemas para la producción de frijol en Colombia están relacionados con la alta incidencia de enfermedades y plagas, que se agravan con el uso generalizado de semilla de "costal" (semilla derivada de los lotes de productor, que no cumple con procesos regulatorios establecidos por el ICA [2015]), son variedades regionales susceptibles, como el caso de la variedad de frijol voluble bola roja en Nariño, Tolima, Huila, Cundinamarca y Boyacá. Esta exige un alto uso de plaguicidas para su manejo, con consecuencias negativas en salud de los trabajadores y de contaminación del medio ambiente, en especial del suelo y de las fuentes hídricas. De la misma manera, el empleo de plaguicidas en el cultivo ha elevado los costos de producción y es una de las causas de la pérdida de competitividad. (Fenalce, s.f.).

Frijol caupí (*Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis*)

Es una leguminosa de grano caracterizada por su precocidad, rusticidad, lo que confiere buena adaptación a los diferentes sistemas de producción de las regiones semiáridas del trópico. Se considera que, de los 14 millones de hectáreas cultivadas en todo el mundo, 9,5 millones se asientan en el continente africano con bajos rendimientos (< 600 kg/ha), debido al bajo potencial genético de los cultivares utilizados y por cambios en el régimen de lluvias en las zonas de producción (Lopes, Freire Filho, Silva, Campo, & Rocha, 2001). En Colombia, el cultivo se encuentra *Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis* 1 ha (Araméndiz, Robles, & Cabrales, 2003).

Región Caribe colombiana

En este apartado se mencionan los aspectos biofísicos más destacados de la región Caribe colombiana, describiendo sus límites, zonas de vida y paisajes. A continuación, se realiza la delimitación del Caribe húmedo colombiano, basados en algunos aspectos geográficos sugeridos por diversos autores para concluir con un análisis biofísico que determina desde una escala general, la aptitud de la región para el cultivo de frijol.

Aspectos geográficos generales de la Región Caribe colombiana

La región Caribe o Caribe colombiano, denominada así por la influencia directa del mar Caribe, concentra en toda su extensión un conjunto de características que sorprenden por una riqueza natural, que abarca matices paisajísticos como arrecifes, playas, acantilados, desiertos, llanuras, ciénagas, montañas, páramos, glaciares, entre otros (Hahn, 1991).

Dado que las condiciones agroclimáticas de la región Caribe colombiana son adecuadas para el establecimiento del cultivo de frijol común (arbustivo, caupí, entre otros), y en esta región se concentra un porcentaje significativo de la

producción nacional de frijol (30 %) (MADR, 2017), se realizó un análisis geográfico y de entorno ambiental para la región Caribe, como punto de partida para la definición del área de estudio para los modelos productivos de frijol. Esta descripción se enfoca en el Caribe húmedo.

Delimitación de la Región Caribe

Colombia se encuentra dividida por seis regiones naturales: Andina, Caribe, Pacífica, Orinoquia, Amazonia e Insular. Como límites de estas áreas están las divisorias de agua de las subcuencas hidrográficas más importantes de cada zona (Espinal Tascón, 1977). En tal sentido, los límites político- administrativos, que delimitan las entidades departamentales, son líneas artificiales que condicionalmente muestran algunas características que dividen el paisaje natural.

Según Espinal Tascón (1977), la región Caribe integra el área total de dos departamentos: Atlántico y Magdalena y el área parcial de siete: La Guajira, Bolívar, Cesar, Córdoba, Sucre, Antioquia y Chocó, desde el punto de vista político-administrativo. Asimismo, la región se subdivide en siete subregiones naturales: Península de La Guajira, Sierra Nevada de Santa Marta, delta del río Magdalena, sabanas del Caribe, valles de los ríos Sinú y alto San Jorge, Depresión Momposina y golfo de Urabá).

El Caribe colombiano se caracteriza por similares zonas de vida. Según Holdridgem, Grenke, Hatheway, Liang y Tosi (1971), se presentan transiciones de paisajes muy áridos en el noroccidente, con formaciones más húmedas hacia el interior, en inmediaciones del golfo de Urabá. De acuerdo con dichas características, los matorrales desérticos y los bosques secos tropicales dominan gran parte de los departamentos de La Guajira, Atlántico, Magdalena, Bolívar y Cesar, mientras en sectores de Córdoba, Sucre y Antioquia hay transiciones cálidas de bosque seco a húmedo premontano, lo cual incide en el tipo de vegetación presente (Hahn, 1991). Estas características coinciden con estudios técnicos como los generados por Lombana Coy et al. (2012), entre otros, que delimitan el Caribe seco y húmedo a partir de las divisiones político-administrativas (ICA, s.f.; Espinal Tascón, 1977) (figura 4).

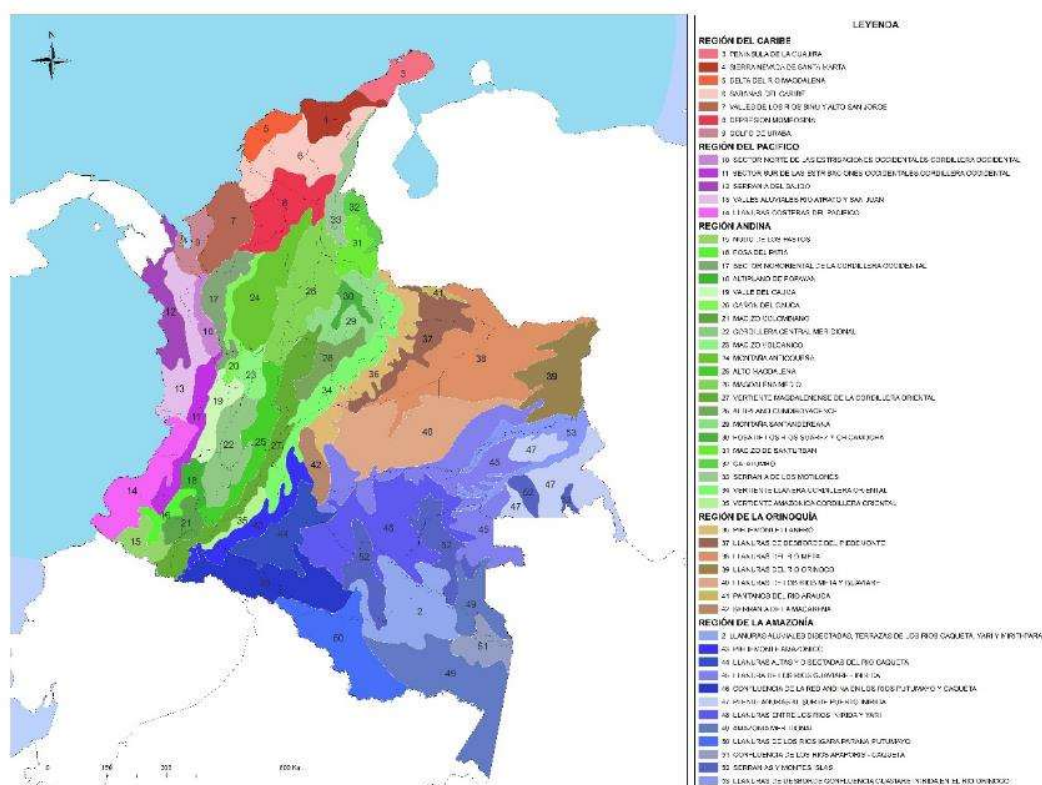


Figura 4. Regiones Naturales de Colombia.

Fuente: IGAC (2008)

Caribe húmedo

La región Caribe se encuentra localizada entre 6,9° y 12,5° de latitud norte, y 71° y 76,5° latitud oeste; está delimitada para ocho departamentos: La Guajira, Atlántico, Magdalena, Bolívar, Cesar, Córdoba, Sucre y Antioquia, y cubre un área total de trece millones de hectáreas, de las cuales 8.300.000 hectáreas pertenecen al Caribe húmedo (figura 5). Los términos Caribe seco y Caribe húmedo están muy relacionados con la distribución de los tipos de vegetación presentes en la región, esencialmente la distribución de matorrales secos y bosques húmedos, semihúmedos y secos presentes.

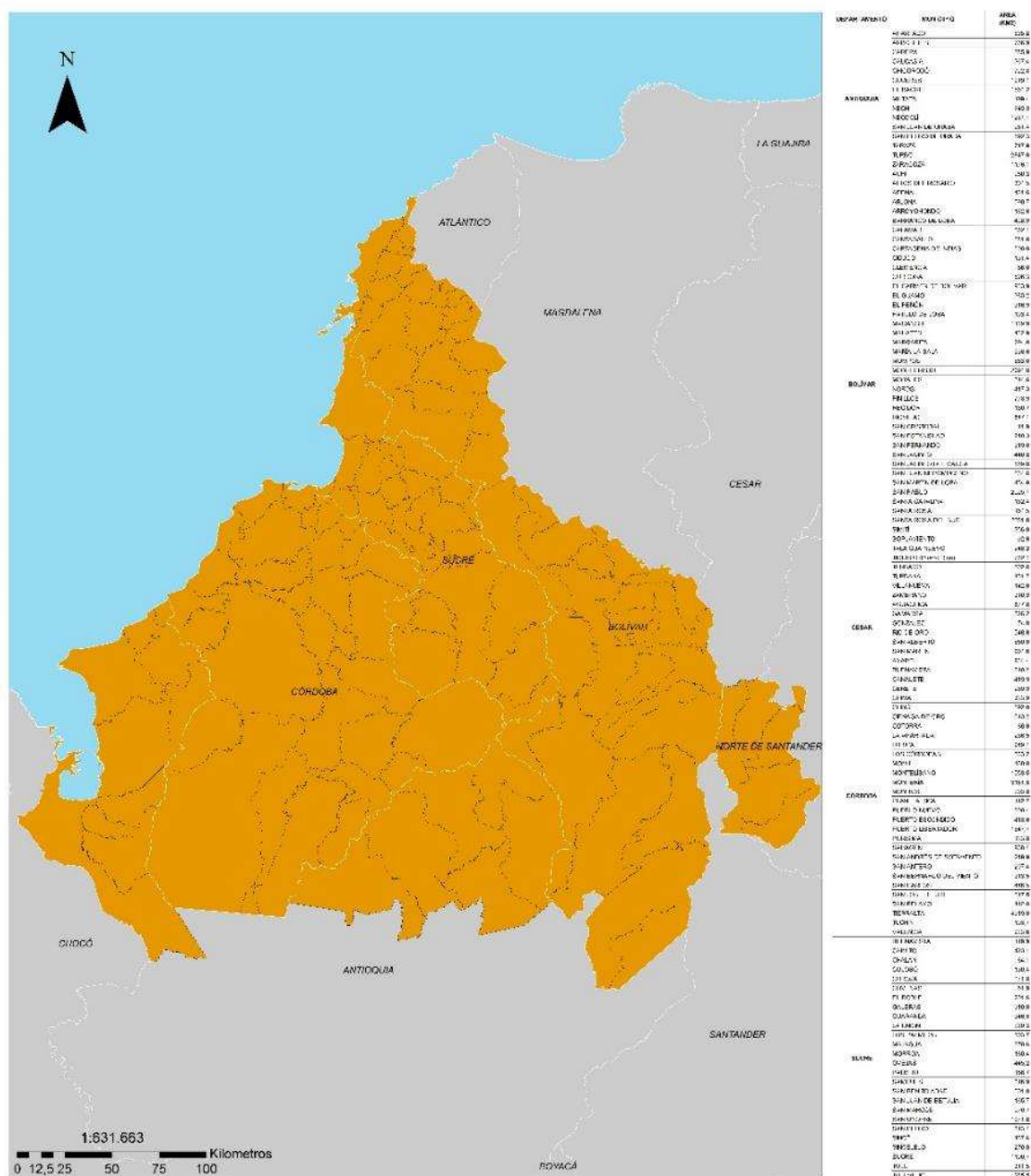


Figura 5. Área delimitada para la región Caribe húmedo.
Fuente: Elaboración propia

El Caribe húmedo es una zona delimitada por los departamentos de Sucre, Córdoba, Bolívar y algunas porciones del Urabá antioqueño y sur del Cesar; está compuesta en gran parte por bosques semihúmedos y húmedos, lo que hace que sea más apto para la agricultura y la ganadería, ya que las temporadas secas suelen ser más cortas, y esto permite tener mejores condiciones agroclimáticas que el Caribe seco (figura 5).

Aspectos edafológicos del Caribe húmedo para el cultivo de frijol

En la región Caribe se encuentran tipos de suelos variados, asociados a la presencia de arcillas expandibles, vertisoles, salino sódicos y Aridisoles (Vargas & Gómez, 2003). En este sentido, AGROSAVIA (antes Corpoica) ha realizado muestreos semidetallados de suelos en los municipios más productores de frijol de los departamentos de Sucre, Córdoba, Bolívar y sur del Cesar, dominados por paisajes semiondulados y planos, con sistemas boscosos de tipo semihúmedo y húmedo. Aunque los suelos en general corresponden a los órdenes inceptisol, entisol, y en menor medida molisol, estos presentan contenidos de materia orgánica adecuada para el cultivo de frijol. En la subregión se cultiva el frijol común tipo arbustivo y el frijol caupí.

En el caso del frijol común arbustivo, debe establecerse en suelos bien drenados y no inundables, pues se presenta susceptibilidad a las pudriciones radicales (Román & Arias, 1995). Además, es importante considerar que el frijol se produce mejor en suelos livianos, con alta conductividad hidráulica y profundidad efectiva; además se debe evitar establecer cultivos en suelos de mal drenaje o salinos, especialmente en los que predomina el cloruro sódico. El pH adecuado está en un rango entre 5,5 y 7,0 (Tamayo, Aguilar, & Velásquez, 2013). Por otro lado, respecto al frijol caupí, en general para el cultivo se recomiendan suelos con buen drenaje, textura franca (arcillo-areno-limoso), profundos, con buen contenido de materia orgánica y libres de salinidad (Torres & Berrú, s.f.). Cabe resaltar que el caupí se adapta bien a diferentes suelos y climas, pero produce bien en suelos livianos. De acuerdo con lo anterior, en suelos arcillosos el cultivo

tiende a producir más biomasa en contraste, y los suelos arenosos favorecen la producción de grano (Peters, Franco, & Oberthür, 2006).

Para los municipios de San Onofre y Guaranda, se observan niveles de fertilidad muy alta y media, con pH ácidos no óptimos para el frijol (6,5-7,5), pero adecuados porque no disminuyen por debajo de 5,5, aunque se encuentran las texturas arcillosas; con esto, pueden presentarse problemas de asfixia radical (proceso en el cual el agua desplaza el oxígeno en el suelo), y predominan los suelos con contenido de limo y francos. Asimismo, los contenidos de fósforo son moderados, no presentan indicios de intoxicación por aluminio, y el calcio, potasio y magnesio que se presentan son adecuados (tabla 1).

En Aguachica, la taxonomía predominante es Typic Ustorthents, con pH ácidos, lo cual no es muy favorable para el cultivo, y con un contenido medio de MO y una relación potasio-calcio muy baja, que se traduce, igualmente, en una fertilidad baja. En contraste, en Carmen de Bolívar, donde predominan los suelos molisoles, se tiene un pH básico, representado en esa alta cantidad de calcio; hay que recordar que el pH recomendable para el cultivo de frijol está entre 6,5 y 7,5 (tabla 1).

Para Lorica, San Pelayo y Montería, en el departamento de Córdoba, los suelos predominantes corresponden a Vertic y Fluventic Haplustepts, con altos contenidos de MO favorables para el frijol ($> 2,5\%$), ligeramente ácidos y de texturas franco-arcillosas y arenosas. En general presentan altos contenidos de fósforo para el cultivo, por lo que deben aplicarse correctivos que disminuyan esos valores; asimismo en Lorica y San Pelayo se presentan valores muy altos de Mg, razón por la cual es importante no hacer enmiendas con cal dolomita, y tratar de equilibrar la relación calcio-potasio (Fenalce, 2010) (figura 6).

Tabla 1. Resultados de los análisis de suelo de los municipios más productores de frijol en el Caribe húmedo

Municipio/vereda	Taxonomía	TEX	pH	MO	P	K	Ca	Mg	Al	Na	CE	SATBAS	SATAL	FERT.	Unidad
				%	mg.kg ⁻¹	Cmol(+). kg ⁻¹					Ds.m ⁻¹	%			Suelos
San Onofre Cocoteros	Typic Ustorthents	FArA	5,56	0,36	2,97	0,28	11,72	8,76	0,00	1,80	0,24	100,00	0,00	Muy alta	LWc
Guaranda Las Torullas	Aeric Endoquepts	ArL	5,61	3,21	1,45	0,47	4,87	3,65	0,00	0,09	0,28	77,00	0,00	Media	RVb
Lorica Tierra Alta	Fluventic Haplustepts	FArA	6,17	3,40	11,38	0,61	7,12	41,09	0,00	1,05	3,91	100,00	0,00	Alta	RWK
San Pelayo El Latal	Vertic Haplustepts	FAr	5,87	4,43	4,95	0,22	14,70	260,31	0,00	3,05	4,53	100,00	0,00	Alta	PWAb
Montería Aguas Negras	Vertic Haplustepts	FArA	6,66	2,39	14,24	0,58	7,71	6,21	0,00	0,08	0,34	99,00	0,00	Media y alta	LWB
Aguachica La Mula	Typic Ustorthents	FA	4,39	1,00	7,11	0,04	1,04	0,31	0,43	0,02	0,35	86,2	0,00	Baja	
El Carmen de Bolívar San Isidro	Vertic Haplustolls	Ar	8,05	2,81	20,54	0,92	57,81	2,87	0,00	0,14	0,94	100	0,00	Alta	LWOb

SATBAS = saturación de bases, SATAL = saturación de aluminio. Análisis realizados en el laboratorio de análisis de suelos Centro de Investigación Tibaitatá, AGROSAVIA.

Fuente: Elaboración propia

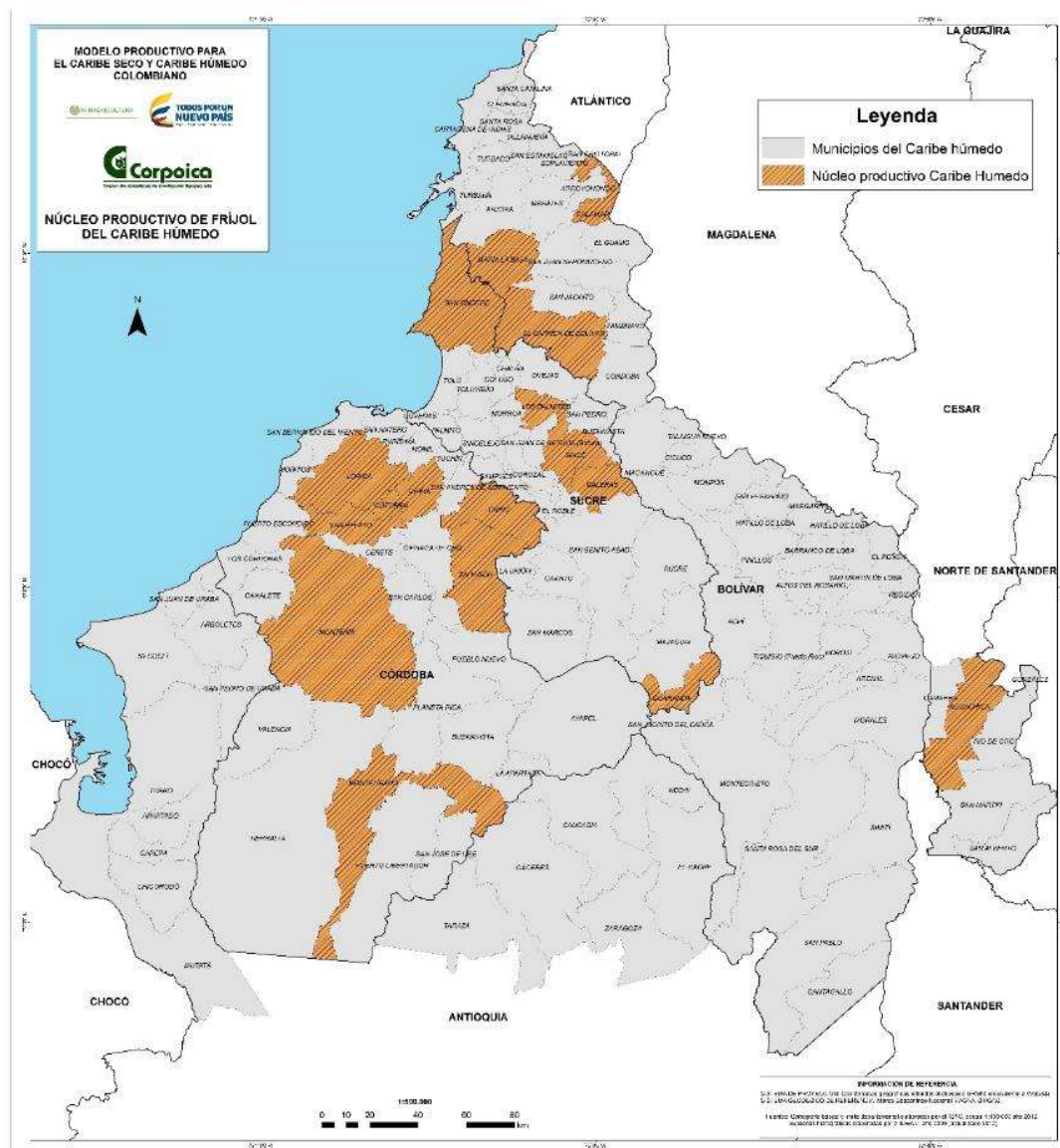


Figura 6. Taxonomía de suelos para el Caribe húmedo.

Fuente: Elaboración propia

Aspectos climáticos del Caribe húmedo para el cultivo de frijol

Al igual que el resto del país, el Caribe colombiano se encuentra sobre el cinturón ecuatorial o ecuador latitudinal, por lo que el nivel de radiación entrante determina los procesos atmosféricos subsiguientes que establecen las condiciones climatológicas de la zona; por ello, presenta una insolación permanente durante el año (12 horas durante el día). Esto, junto con características físicas como forma, orientación, altitud, topografía, vegetación, entre otras, modifica el comportamiento de los elementos agroclimáticos, principalmente la precipitación, la temperatura, la humedad y la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o) (Eslava, 1993; Mesa, Poveda, & Carvajal, 1997).

En Colombia, las áreas dedicadas al cultivo de frijol están divididas en cinco grupos con características agroclimáticas definidas: cálido húmedo, templado húmedo, frío seco, templado seco y cálido muy húmedo. De acuerdo con esas características, podría plantearse que el grupo templado húmedo tiene las condiciones más favorables para la producción de frijol e influyen directamente en los procesos fisiológicos de la planta (Barrios-Pérez & Álvarez-Toro, 2016). Entendiendo esto, por variable se hace una descripción de las áreas aptas para el cultivo de frijol, y se finaliza con una aproximación basada en la integración de todas estas variables en un mapa temático que describe en conjunto la aptitud de la zona.

Aproximación: determinación de zonas más aptas para el cultivo de frijol

La determinación de las zonas más aptas para el cultivo se realizó a partir del establecimiento de los umbrales de aptitud de las variables biofísicas y climáticas de mayor relevancia. Esta aproximación se basó en la construcción de capas temáticas de las limitantes territoriales, edáficas y principalmente climáticas de más peso para el frijol.

De acuerdo con criterios provenientes de información secundaria y de expertos en el cultivo, los rangos propuestos determinaron la calificación de aptitud por variable, asignando el valor 3 a los rangos con aptitud alta, 2 con aptitud media, 1 con aptitud baja y 0 sin aptitud o no apta (tabla 2).

La integración de las variables se realizó a partir de un proceso de álgebra de mapas, basado en un cálculo aritmético sencillo, que se realiza aplicando la siguiente ecuación:

$$Aptitud = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n} = \frac{[Elev.] + [PPT] + [TMed] + [HR] + [pH]}{5}$$

Donde x_i es la variable de mayor relevancia y n el número de variables utilizadas en la aproximación (para este caso cinco).

La información utilizada corresponde a series históricas mensuales (periodo 1980-2011) de las variables: precipitación, temperatura media y humedad relativa proveniente de la red hidrometeorológica del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam), y previamente se llevó a cabo un proceso de control de calidad y complementación de datos faltantes realizado durante la ejecución del proyecto Corpoica-MAPA (Modelos de Prevención y Adaptación Agroclimática) (Corpoica, 2016a). La información edáfica se obtuvo del mapa de conflictos de uso del suelo del (Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC], 2012), mientras que la elevación fue extraída del Modelo Digital de Elevación (DEM, por sus siglas en inglés), con resolución espacial de 30 metros generado por la Misión Topográfica Shuttle Radar (SRTM, por sus siglas en inglés) de la NASA.

De acuerdo con los rangos establecidos en cada variable (tabla 2), a continuación, se detallan los umbrales de aptitud por variable, y se establecen la localización y las áreas (ha).

Tabla 2. Calificación de aptitud y rangos por variable para frijol

Aptitud para el cultivo de frijol (aproximación metodológica para el Caribe húmedo)	Símbolo				
	Aptitud	Alta	Media	Baja	No Apta
	Calificación	3	2	1	0
	Elevación [Elev.] (m s. n. m.)	600-1300	400-600; 1.300-1500	0-400	> 1.500
	Precipitación [ppt] (mm)	300-550	550-650	650-750	< 300; > 750
	Temperatura media [TMed] (°C)	20-23	15-20; 23-27	27-30	< 15; > 30
	Humedad relativa [hr] (%)	65-80	60-65; 80-85	> 85	< 60
	[pH]	6,5-7,5	5,5-6,5; 7,5-8,2	4,5-5,5	< 4,5; > 8,2

Fuente: Elaboración propia

Precipitación

El agua es la molécula fundamental para la regulación de la temperatura de la planta, la integridad de los sistemas enzimáticos y el metabolismo en general; por esta razón, limitaciones en la disponibilidad hídrica pueden afectar el rendimiento final y la calidad del grano. Sin embargo, la variabilidad que existe en el interior del germoplasma puede explicarse, en gran medida, gracias a la capacidad de ciertos genotipos de tomar agua de las capas más internas del suelo (Herrera Flores, Ortiz Cereceres, Delgado Alvarado, & Acosta Galleros, 2014).

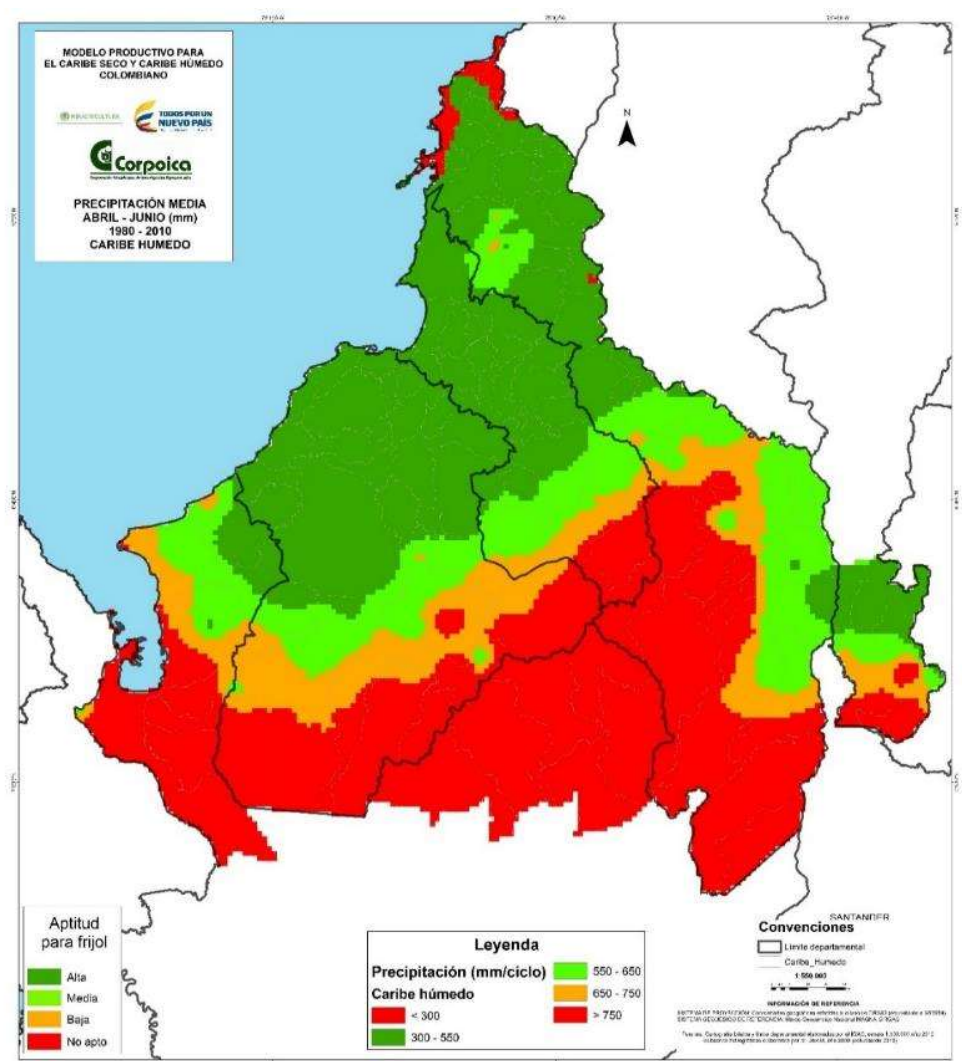
El cultivo de frijol necesita entre 300 y 400 mm de precipitación efectiva durante su desarrollo fenológico, por lo que se debe garantizar que, para el ciclo del cultivo, que es de 90 días (3 meses), haya al menos un promedio entre 300 y 500 mm/ciclo y así asegurar que las necesidades hídricas del cultivo sean cubiertas, sin que esto afecte las pérdidas por los procesos hidrológicos (percolación profunda, drenaje superficial y subsuperficial entre otros. En el caso del caupí, el cultivo puede extenderse, de acuerdo con el cultivar, hasta 120 días, pero la tolerancia referida al déficit hídrico es superior a la del frijol común, por lo cual puede considerarse un gasto hídrico 500 mm/ciclo (Cerna & León, 2015). Además, se adapta bien a diferentes suelos y climas con precipitaciones entre 700 y 2000 mm, y tiene tolerancia a sequía (Peters et al., 2006).

La falta de agua durante las etapas de floración, formación y llenado de vainas afecta seriamente el rendimiento, mientras que el exceso de humedad afecta el desarrollo de la planta y genera gran número de enfermedades. Sin embargo,

al otro lado del espectro de adaptación de la especie, altas condiciones de precipitación y humedad relativa pueden favorecer la presencia de bacterias y hongos patógenos (Barrios-Pérez & Álvarez-Toro, 2016).

Para el frijol, las épocas de siembra y cosecha del cultivo están determinadas por la presencia de las temporadas lluviosas, presentadas durante abril y mayo, y octubre y noviembre, de acuerdo con el régimen bimodal de lluvias que impera en el Caribe colombiano. El frijol requiere desde el inicio del ciclo, después de la siembra, hasta dos terceras partes de humedad adecuada en el suelo para un buen crecimiento, desarrollo de la planta, formación y llenado del grano; a la vez, necesita un periodo seco o de poca precipitación al final del ciclo, para favorecer el proceso de maduración y cosecha (Valderrama, Núñez, & Duarte, 1997a).

Las áreas definidas se establecieron a partir de la acumulación de precipitación en abril, mayo y junio, meses que climatológicamente están en la primera temporada de lluvias y en la segunda temporada seca del año (figura 7).



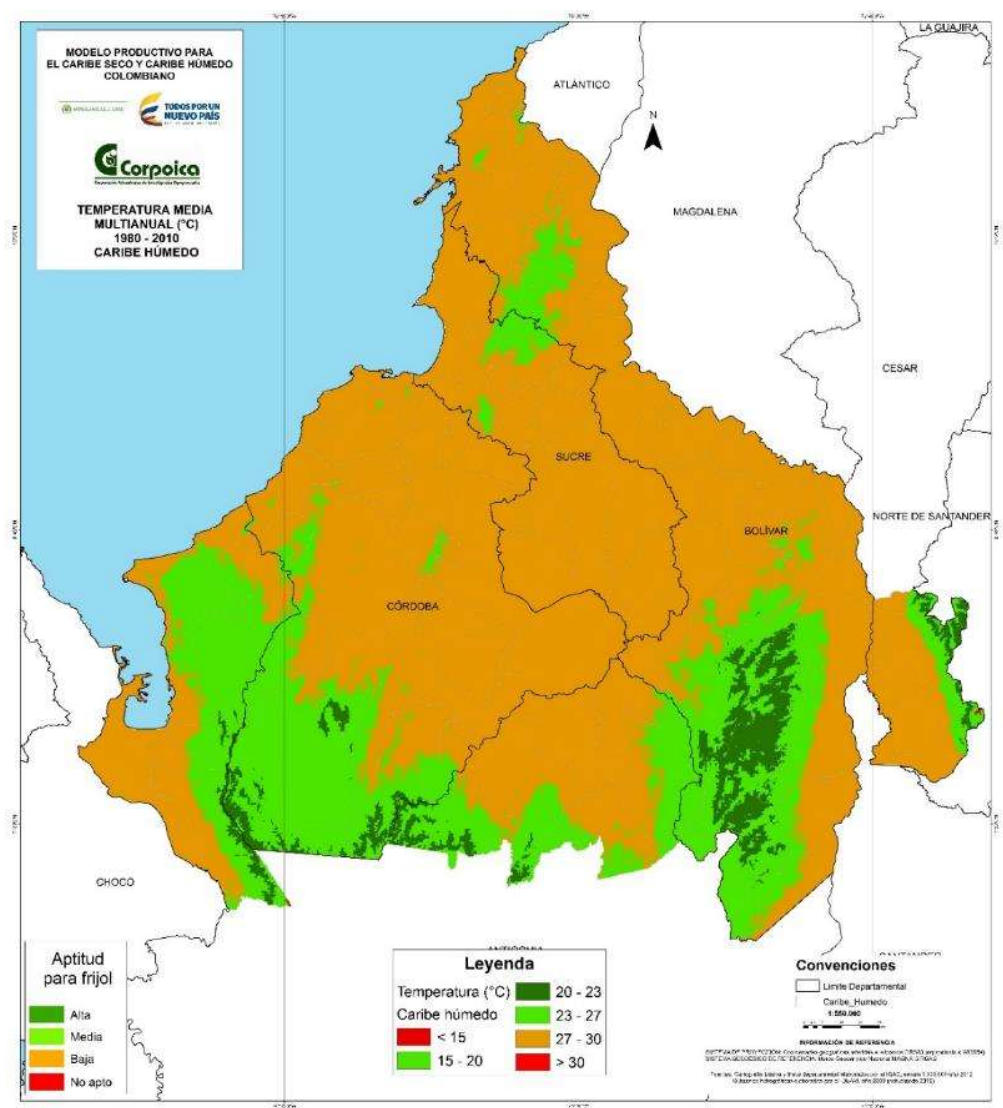
Precipitación				
(Ciclo de cultivo 1: abril-junio)				
Símbolo	Aptitud	Rangos (mm)	Área (ha)	%
	Alta	300-550	2.762.345	33,2
	Media	550-650	1.365.816	16,4
	Baja	650-750	700.974	8,4
	No Apta	< 300; > 750	3.481.385	41,9

Figura 7. Clasificación de la precipitación en ciclo de cultivo (abril-junio), periodo climatológicamente más seco, según aptitud para el cultivo de frijol.

Fuente: Elaboración propia

Temperatura

La temperatura se encuentra muy relacionada con la altitud. Al no existir diferencias altitudinales fuertes, no hay variación espacial de la temperatura, debido que el Caribe húmedo se encuentra dominado por sabanas, valles y lomeríos, como los Montes de María. En relación con el cultivo de frijol, este se desarrolla bien en temperaturas promedio entre 15 °C y 27 °C, prácticamente a lo largo de toda la región, pero es importante reconocer que existe un gran rango de tolerancia entre diferentes variedades. En concreto, altas temperaturas en el aire y en el suelo afectan los días de floración, la germinación de las semillas, y la formación de raíces laterales en el caso de frijol común (Herrera et al., 2014); mientras que en el caso de frijol caupí no se afecta el desarrollo radical ni la viabilidad del polen, la embriogénesis y el desarrollo de la vaina con temperaturas superiores a 27 °C, propias de las sabanas y playones de la subregión (Araméndiz & Espitia, 2011). Sin embargo, debe tenerse en cuenta que las temperaturas óptimas de crecimiento del cultivo están entre los 18 °C y los 27 °C (Torres & Berrú, s.f.) (figura 8).



Precipitación				
(Ciclo de cultivo 1: abril-junio)				
Símbolo	Aptitud	Rangos (mm)	Área (ha)	%
	Alta	300-550	2.762.345	33,2
	Media	550-650	1.365.816	16,4
	Baja	650-750	700.974	8,4
	No Apta	< 300; > 750	3.481.385	41,9

Figura 8. Clasificación de la temperatura media multianual según aptitud para el cultivo de frijol.

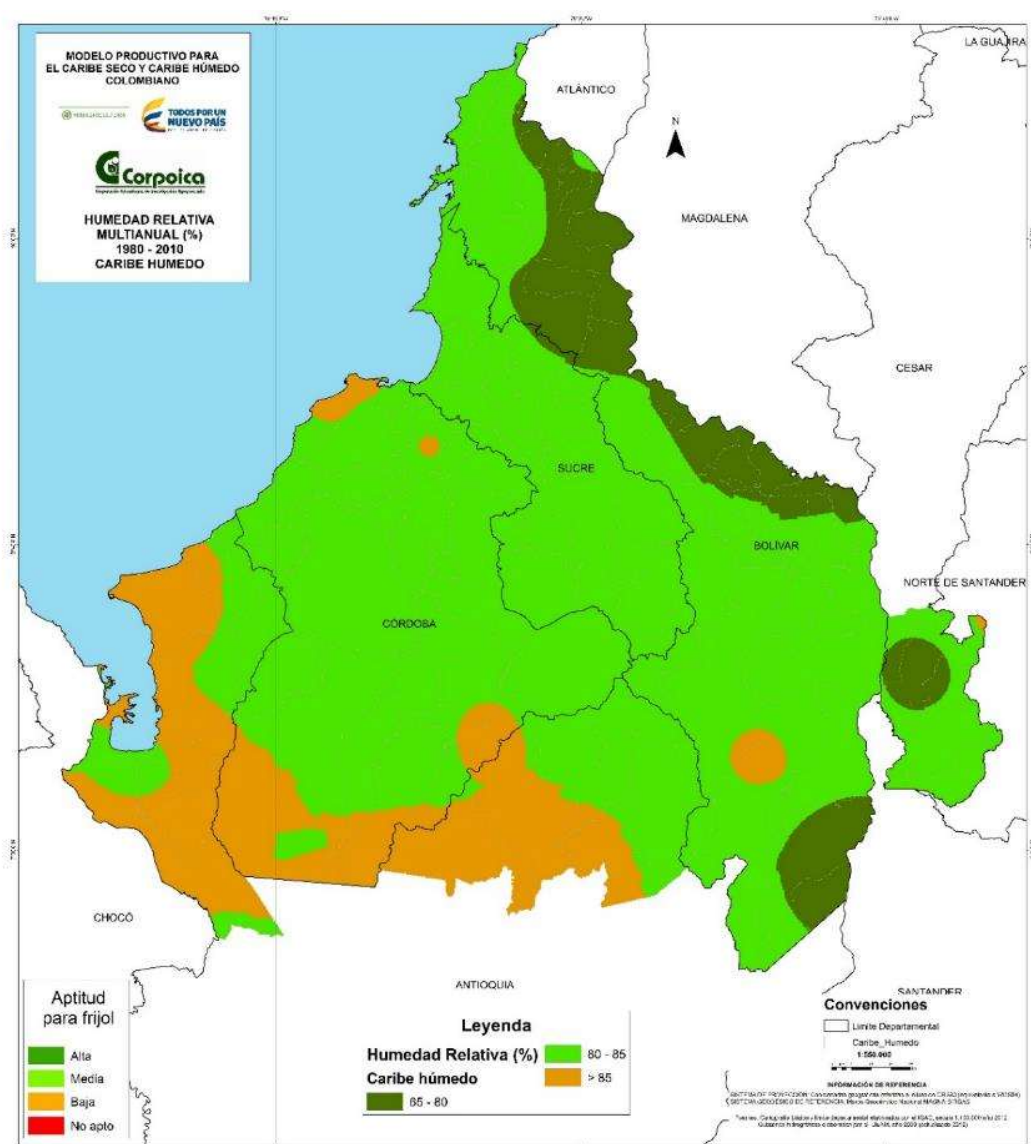
Fuente: Elaboración propia

En frijol común, la planta altera su fisiología cuando la temperatura media es menor de 15 °C, lo cual causa poca germinación, retrasa la emergencia, afecta el vigor de la planta, demora la etapa de madurez fisiológica y afecta la producción de semillas (Balasubramanian, Vandenberg, & Hucl, 2004). Adicionalmente, días consecutivos con temperaturas mínimas por debajo del promedio durante la noche causan lesiones en la planta, como clorosis y necrosis en los tejidos de hojas jóvenes, necrosis en tejidos de hojas maduras y la muerte total de la planta (Arias, Rengifo, & Jaramillo, 2007). Sin embargo, estas condiciones de baja temperatura causadas por la altitud no se encuentran reflejadas significativamente en la subregión, debido a las elevaciones moderadas de sus lomas y lomeríos (IGAC, 2012).

Humedad relativa

El valor óptimo oscila entre el 65 % y el 80 %, y por esto casi toda el área de la región Caribe es apta para el cultivo de frijol, con excepción del Urabá Antioqueño en el suroccidente, que tiene humedades relativas por encima del 85 %, aspecto que favorece el desarrollo de enfermedades en hojas y frutos.

Cuando la humedad y la temperatura son altas y la luminosidad es insuficiente, se produce una floración deficiente, caída de flores, reducción del rendimiento y disminución del crecimiento; efectos similares se producen cuando la humedad es relativamente escasa (Herrera et al., 2014) (figura 9).



Humedad relativa media				
Símbolo	Aptitud	Rangos (%)	Área (ha)	%
	Alta	65-80	845.552	10,2
	Media	60-65;80-85	5.983.178	72
	Baja	> 85	1.481.971	17,8
	No Apta	< 60	0	0

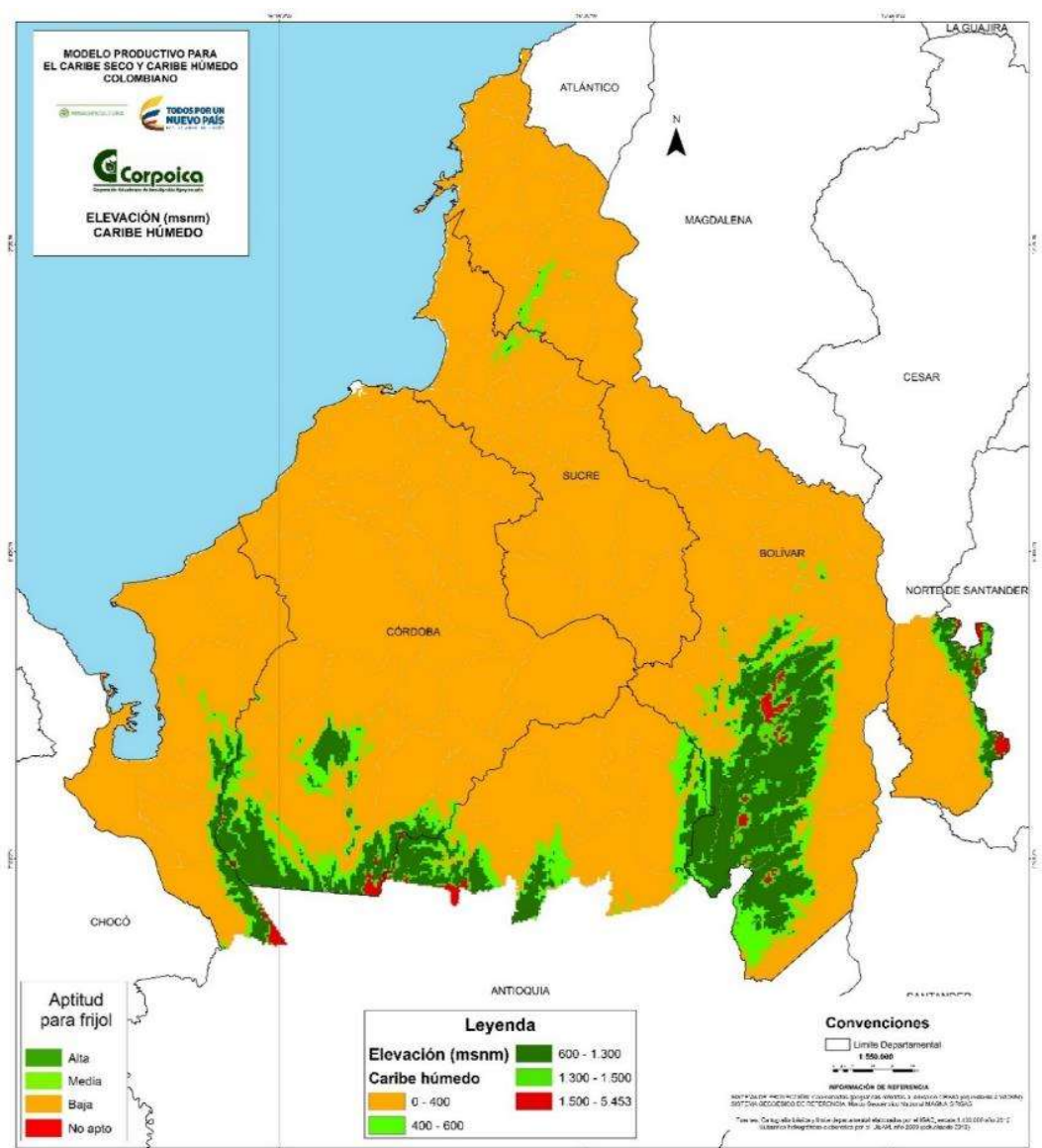
Figura 9. Clasificación de la humedad relativa media multianual según aptitud para el cultivo de frijol.

Fuente: Elaboración propia

Elevación

El cultivo de frijol común arbustivo se adapta bien a la elevación predominante en el Caribe colombiano, desde 700 hasta 1500 m s. n. m.; algunas variedades como el frijol caupí pueden adaptarse desde los 100 m s. n. m., con mayor predominancia para ambas especies entre 700 y 1300 m s. n. m., elevación que se considera la más apta. Cabe destacar que, de acuerdo con la variedad, puede haber un rango de tolerancia más flexible.

Para el frijol común arbustivo, las áreas con aptitud alta ocupan 746.529 ha (9,0 %); con media, 514.909 ha (6,2 %); con baja, 7.000.187 ha (84,2 %), mientras que las no aptas ocupan 49.209 ha (0,6%). Sin embargo, para la variedad de frijol caupí, las áreas de baja aptitud aumentarían dado que ese rango de adaptación se encuentra entre el nivel del mar y 1600 m s. n. m., 100 m s. n. m. más que el frijol común (Peters et al., 2006) (figura 10).



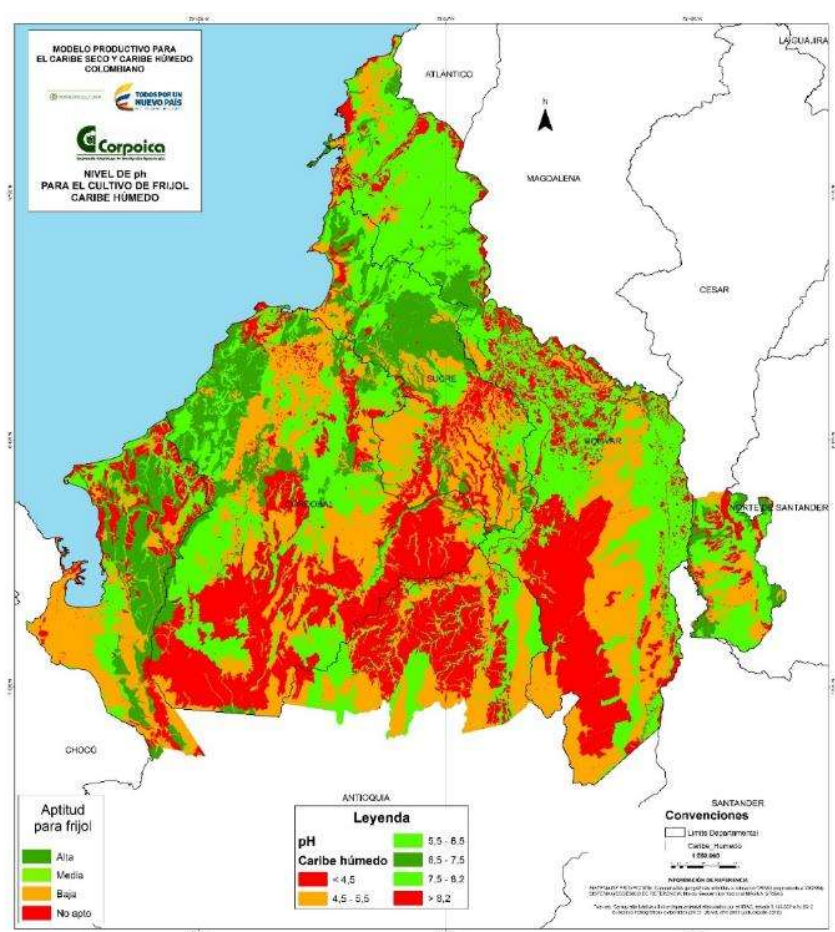
Elevación				
Símbolo	Aptitud	Rangos (m s. n. m.)	Área (ha)	%
	Alta	600-1.300	746.529	9
	Media	400-600; 1.300-1.500	514.909	6,2
	Baja	0-400	7.000.187	84,2
	No Apta	> 1.500	49.209	0,6

Figura 10. Clasificación de la elevación según aptitud para el cultivo de frijol.

Fuente: Elaboración propia

pH

El pH óptimo para frijol está comprendido entre 6,5 y 7,5 pues dentro de este rango la mayoría de los elementos nutritivos del suelo presentan una máxima disponibilidad para la planta (figura 11).



pH				
Símbolo	Aptitud	Rangos	Área (ha)	%
	Alta	6,5-7,5	1.056.458	12,5
	Media	5,5-6,5; 7,5-8,2	2.769.921	32,8
	Baja	4,5-5,5	2.254.302	26,7
	No Apta	< 4,5; > 8,2	2.367.078	28

Figura 11. Clasificación del pH para la región Caribe, según aptitud para el cultivo de frijol.

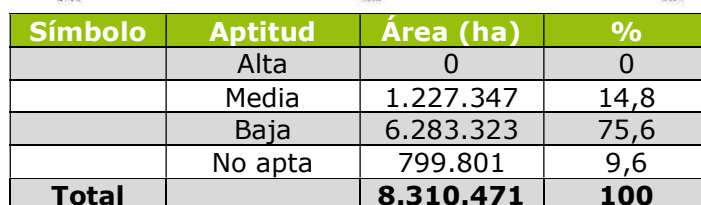
Fuente: Elaboración propia

Es tolerante a pH entre 4,5 y 8,2, sin embargo, por debajo de 5,5 presenta por lo general síntomas de toxicidad de aluminio o manganeso (Rivera, Polania, Borrero, Beebe, & Rao, 2014). En el caso del caupí, se ha reportado susceptibilidad a la salinidad y esto ha afectado la productividad (Araméndiz & Espitia, 2011)

Zonas de aptas para el cultivo de frijol

De acuerdo con el análisis integrado de variables bioclimáticas, no se observan áreas de alta aptitud para frijol común a lo largo del Caribe húmedo, mientras que la categoría la baja es predominante, con el 75,6 %, lo que equivale a 6.283.323 ha. El 14,8 % de esta área se encuentra en categoría media, porcentaje que está localizado en el centro —norte de los departamentos de Córdoba y Sucre, en los Montes de María en el departamento de Bolívar y en el sur del Cesar—. Cabe destacar que los municipios con un área de cosechada de frijol promedio durante los últimos diez años, según datos de las Evaluaciones Agropecuarias Municipales (EVA) (MADR, 2017), coinciden con gran parte de las áreas con aptitud media y baja a lo largo de la zona.

Las áreas sin aptitud ocupan un total de 799.801 ha, equivalentes al 9,6 %, localizadas entre el Bajo Cauca, el sureste de Córdoba y algunos parches del Urabá antioqueño y sur de Bolívar. De los municipios más productores con áreas sin aptitud, se encuentra Montelibano, pero este según las EVA no sobrepasa las 90 ha cosechadas. Pese a lo anterior, el frijol caupí se produce con éxito en los valles del Sinú y San Jorge con aptitud media, donde a pesar de la baja tecnificación registra productividades promedio de 1,0 t/ha (Araméndiz & Cardona, 2017) (figura 12).



Fuente: Elaboración propia

Capítulo II

Entorno social, enfoque étnico y agricultura familiar

La agricultura familiar en Colombia produce cerca del 70 % de los alimentos disponibles producidos en el país. En esta categoría se integran todos los productores que solventan una fracción significativa de la mano de obra requerida por la explotación agrícola, con el aporte de los miembros del núcleo familiar, bien sea porque su explotación es de subsistencia, comercial, parcialmente comercial, o con ubicación periurbana o rural, o tipo de productor con o sin autodenominación de minoría étnica (Acevedo & Martínez, 2016). Sin embargo, a partir de la nueva ley de agricultura familiar, el país se pone a tono frente al resto de Latinoamérica, que ya está aplicando incentivos de inversión a la producción bajo sistema agrícola familiar, como una alternativa para incrementar el beneficio social del subsector y limitar el avance de la pobreza extrema en el campo. En este sentido, el cultivo de frijol tiene una fuerte adherencia a la agricultura familiar y se perfila como una de las opciones relevantes en el escenario del posconflicto.

La agricultura familiar tiene un papel preponderante en el suministro de comida; como el caso de Argentina, donde alcanza hasta 82 % del ganado caprino y 64 % del porcino. También en Brasil la agricultura familiar produce cerca del 87 % de la producción de yuca, 70 % de frijoles y 50 % de la lechera; en mayor medida, en Paraguay produce 97 % del tomate y 94 % de yuca y frijol. Siguiendo una tendencia similar a lo referido en Suramérica, en Centroamérica la agricultura familiar es responsable de la mitad de la producción agropecuaria. En ambas regiones la mujer es la responsable de la producción familiar, más que nada en escenarios de subsistencia (Acevedo & Martínez, 2016).

En este capítulo se presenta la realidad social a la que se enfrentan los productores de frijol, la cual en la mayoría de los casos afecta su competitividad; asimismo, se muestra una visión paralela correspondiente a la cosmovisión de

las etnias actualmente asentadas en la ecorregión. También se plantea un análisis de información obtenida por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA, antes Corpoica) en dos escenarios de recolección de datos sobre la producción de hortalizas en la región Caribe: uno es la aplicación de encuestas en municipios donde el Censo Nacional Agropecuario (CNA) registró el mayor número de unidad de producción agropecuaria (UPA) con hortalizas, y el segundo es la realización de talleres de consenso para la captura de información en los tres municipios con más área sembrada en frijol.

A pesar de que estudios previos realizados en la región indican que la producción de hortalizas no se considera una práctica tradicional (Martínez-Reina, 2013), los resultados de las encuestas semiestructuradas y los talleres de consenso indican que sí existe una tradición de cultivo de más de diez años en el sector hortícola y leguminosas. De acuerdo con consultas realizadas por AGROSAVIA a productores de hortalizas en los tres departamentos del Caribe húmedo (Córdoba, Sucre y Bolívar), la habichuela larga resultó ser la especie que registra mayor número de años de experiencia en el cultivo (17), seguida del frijol caupí (13) y del frijol zaragoza (11). En este contexto, se identifican en Caribe húmedo cuatro diferentes tipos de cultivadores de leguminosas: frijol común, habichuela larga, caupí y, en menor, escala guandul.

También se había registrado que la oferta de productos hortícolas es abundante, aunque se hace a muy pequeña escala. De estos productos sobresale el ají dulce, la ahuyama, la berenjena y la habichuela larga como las especies principales, sin desconocer la vocación de cultivo de tomate, el cebollín y algunas cucurbitáceas como el melón y la patilla (Martínez-Reina, 2013), aunque de acuerdo con la Red de Información y Comunicación del Sector Agropecuario de Colombia (Agronet, 2018), en la costa Caribe existe un área sembrada de hortalizas 10.538 hectáreas y 7.436 toneladas producidas. Lo anterior indica que existe una dinámica regional en torno al cultivo de hortalizas, que se ha mantenido en los últimos cinco años.

Caracterización de las condiciones socioeconómicas de producción de frijol en el Caribe húmedo

Se realizaron talleres con una muestra de productores de municipios del Caribe húmedo, en los que se capturó información relacionada con variables de tipo socioeconómico y técnico productivos del cultivo de frijol; además, se visitaron municipios y veredas del sur del Cesar, Córdoba, Sucre y Bolívar. La metodología que se utilizó fue por consenso, a través de una herramienta de votación en la que los productores podían elegir a través de un control (*Clicker*) las opciones que se adecuaban a sus condiciones de producción. Esa metodología permite en tiempo real hacer ajuste a las preguntas, a las opciones de respuesta y a la discusión por parte de los participantes sobre la veracidad de los resultados, es decir, acerca de la realidad objeto de estudio, y votar cuantas veces sea necesario hasta que se logre una respuesta veraz (Páez, 2015).

Condiciones socioeconómicas

Escolaridad

Según el Censo Nacional Agropecuario (CNA), el 57,5 % de los productores del área rural dispersa cuenta con estudios de básica primaria; el 19,2 % es analfabeta o no tiene ningún nivel educativo, siendo este último más alto en mujeres; menos del 2 % afirma tener estudios técnicos o tecnológicos, y aproximadamente otro 2 % tiene nivel de formación profesional o posgrado (Departamento Administrativo nacional de Estadística [DANE], 2016). El nivel de escolaridad de los productores residentes en el área rural es un factor preponderante en la adopción de tecnología (figura 13).



Figura 13. Nivel de escolaridad de los productores de frijol encuestados.

Fuente: Elaboración propia

La información obtenida en los talleres con productores es congruente con la arrojada por el Censo Nacional Agropecuario (CNA). El 47,50 % de los productores asistentes a los talleres afirma que tiene algún grado de estudios de básica primaria; el 17,50 %, estudios de bachillerato; el 17,50 % no tiene ningún nivel educativo; el 7,50 % presenta algún nivel de estudio de secundaria; el 7,50 %, estudios técnicos o tecnológicos, y el 2,50 %, profesionales (figura 14).

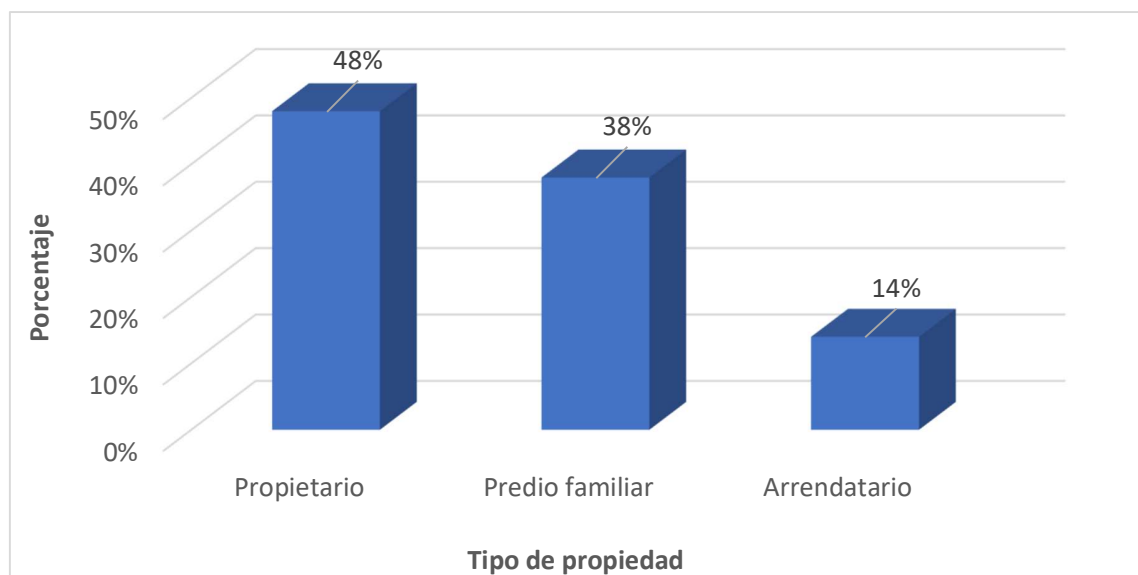


Figura 14. Tipo de propiedad del predio donde cultivan el frijol.

Fuente: Elaboración propia

Relación con el predio

Según el CNA, el 72,7 % de los productores rurales en Colombia cuenta con título de propiedad de sus unidades de producción; el 9,7 % arrienda tierras para la siembra, el 5,1 % tiene predios familiares o propiedades colectivas, y el 1,5 % cuentan con aparceros o medieros (DANE, 2016).

En este sentido, el 48 % de los productores encuestados afirma ser propietario del predio donde produce frijol; el 38 % lo hace en predios familiares, y el restante 14 % en arrendatarios (figura 14).

Topografía y áreas de siembra

En los departamentos y municipios del Caribe húmedo, las mayores áreas sembradas se encuentran en terrenos ondulados (56,67%), otras en quebrados (33,33 %) y otro poco en zonas planas (10 %). En el Caribe húmedo se evidencia que la siembra de frijol caupí se presenta en zonas planas y el frijol arbustivo rojo en zonas altas, ya que este cultivo requiere zonas superiores a los 700 m s. n. m. y hasta los 1500 m s. n. m. (figura 15).

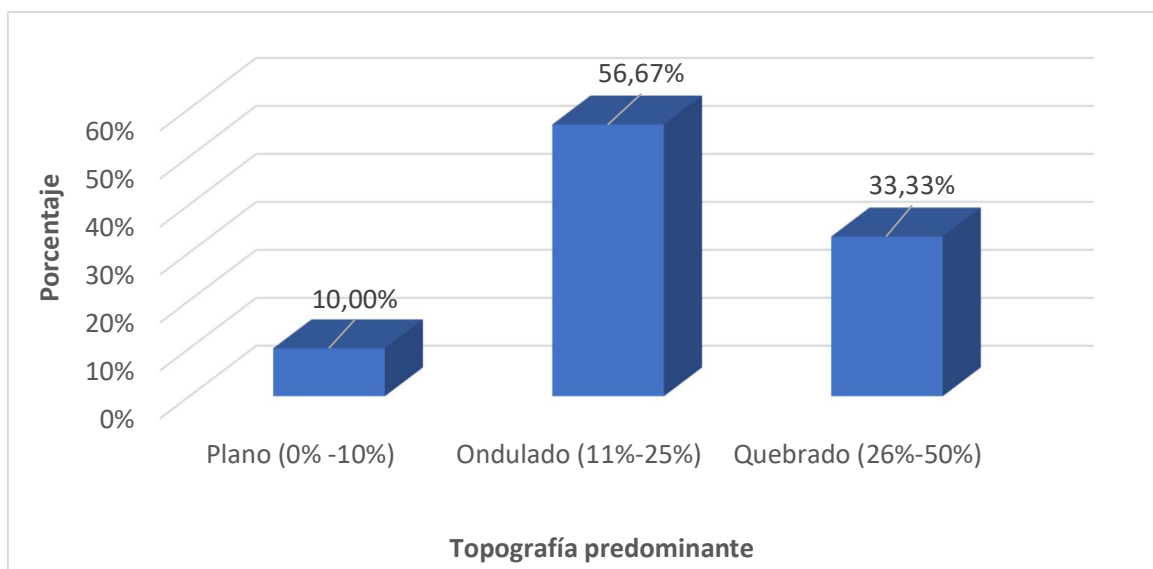


Figura 15. Topografía predominante donde se siembra frijol en Caribe húmedo.
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con las encuestas realizadas en el Caribe húmedo en Corpoica, los promedios de área de siembra caupí y zaragoza registran 1,3 ha, mientras que la habichuela larga es de 0,3 ha (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [AGROSAVIA], 2018).

Tipo de vías de acceso y estado

Uno de los principales factores que afecta los costos de producción en la agricultura es el transporte, y este aumenta su costo según la distancia y el estado de la vía. Una vía que sea transitable todo el tiempo permite una buena comercialización, ya sea para el mercado local o para la exportación, el transporte de maquinaria e insumos para mejorar la producción, optimización del tiempo y, por ende, de la productividad por menores tiempos de desplazamiento (Lozano-Espitia & Restrepo-Salazar, 2016).

Con información del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA) categoriza seis tipos de carreteras:

El tipo 1 que corresponde a las carreteras pavimentada de 2 o más carriles. De acuerdo con los parámetros del Ministerio de Transporte este tipo se podría asimilar a la red primaria. El tipo 2 relaciona las vías sin pavimentar de 2 o más carriles, mientras el tipo 3 es pavimentada, angosta y transitable todo el año. Asimilamos estas dos categorías a la red secundaria, en la medida que conectan las cabeceras municipales. Finalmente están las carreteras tipo 4, 5 y 6, que corresponden a las carreteras sin pavimentar, angosta y transitable todo el año; sin pavimentar y transitable en tiempo seco; y sin afirmado y transitable en tiempo seco, respectivamente (Lozano-Espitia & Restrepo-Salazar, 2016, p. 16).

Los productores del Caribe tienen grandes restricciones para el mercado y el transporte de insumos para la producción. El 84,45 % de las vías de acceso a sus predios, según los productores, está sin pavimentar; el 8,89 % es de caminos de herradura, vías tipo 5 y 6; el 2,22 % es placa huella, y solo el 4,44 % es de vías pavimentadas (figura 16). La producción de frijol *Phaseolus vulgaris* L. se encuentra en zonas con altura superior a los 700 m s. n. m., que para el caso del Caribe está a grandes distancias de los centros urbanos o plazas de mercado; el 42,05 % de estas vías presenta un estado regular; el 6,82 %, un buen estado, y el 5,68 % un mal estado (figura 17).

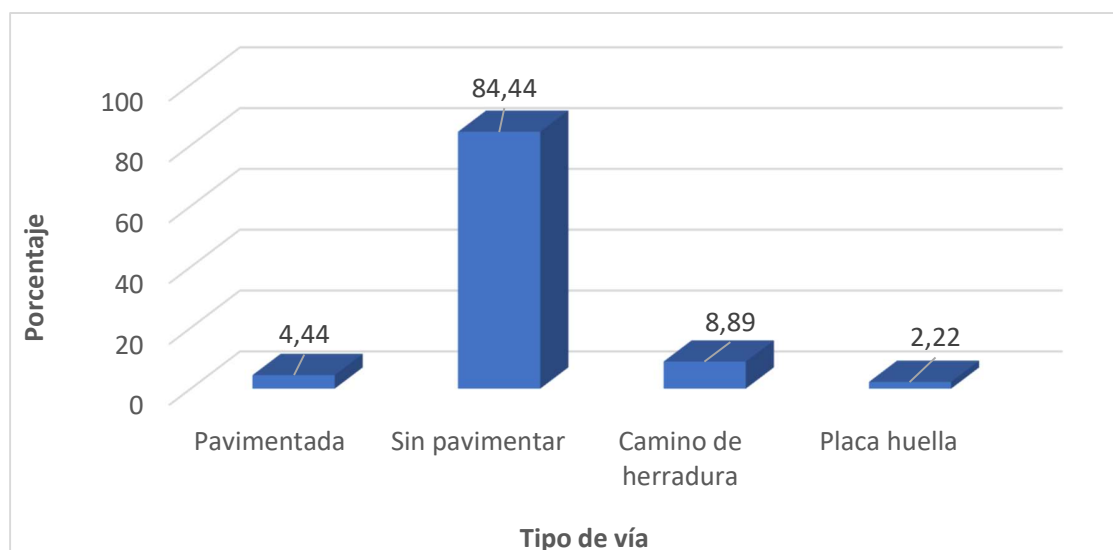


Figura 16. Tipo de vía de acceso a la finca en porcentaje.

Fuente: Elaboración propia

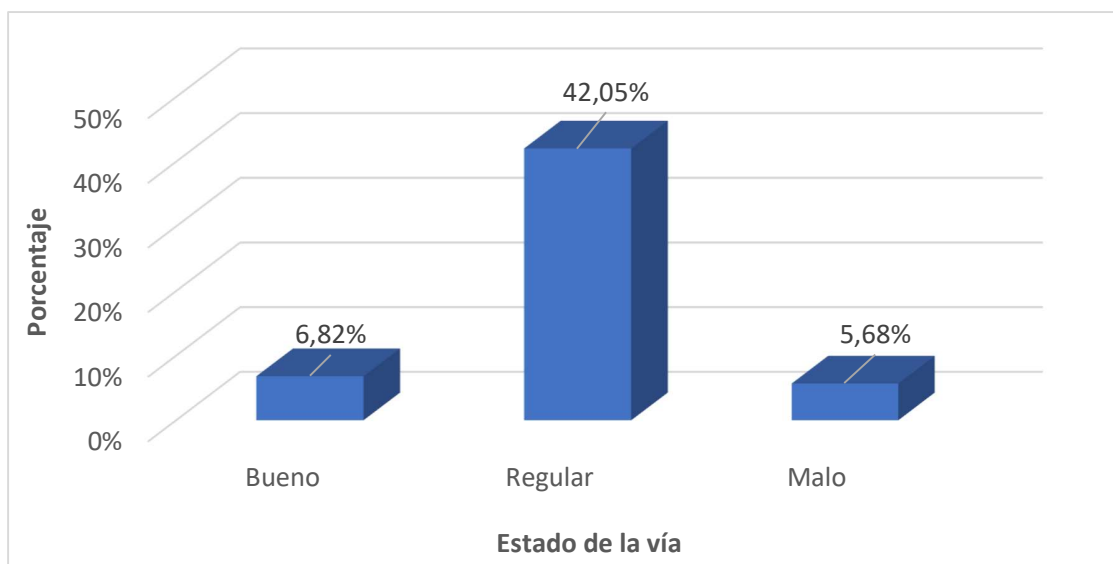


Figura 17. Estado de la vía de acceso al predio productor de frijol.

Fuente: Elaboración propia

Acceso a servicios públicos

Para el sector agropecuario, es de vital importancia el acceso a servicios públicos de calidad. Así, la energía eléctrica se constituye en un insumo esencial para la producción: bombeo de agua (más costosa con diésel o gasolina) para el almacenamiento refrigerado de productos y procesos agroindustriales entre otros.

El 53,09 % de los productores afirma que cuenta con el servicio de energía eléctrica; el 45,68 % con señal de celular; el 1,23 % no tiene acceso a ningún servicio público, y ninguno tiene servicio de acueducto de agua potable (figura 18).

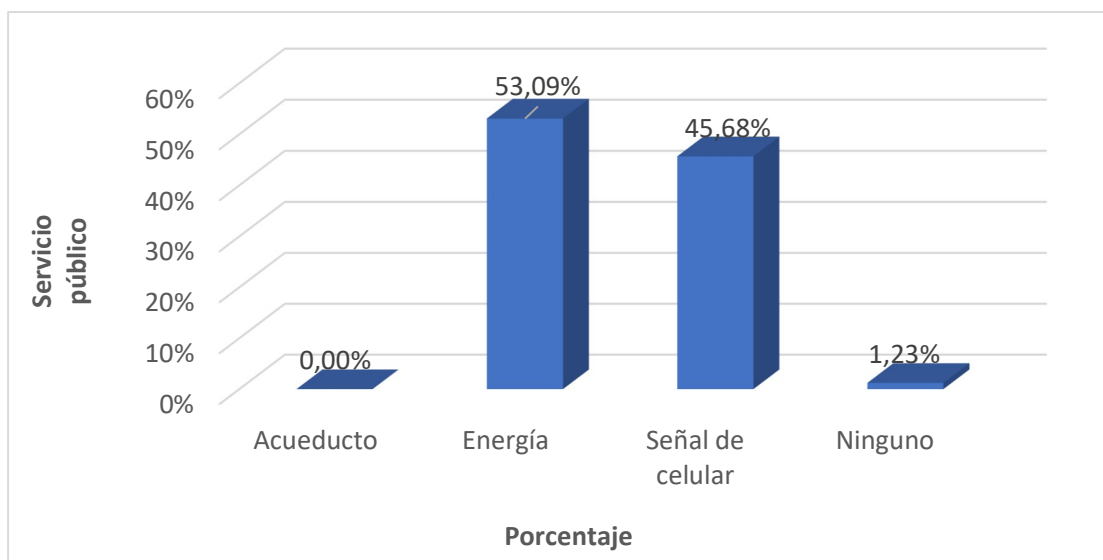


Figura 18. Acceso a servicios públicos en los predios de los productores.

Fuente: Elaboración propia

Mano de obra

Al comparar la ocupación en las cabeceras municipales con la ocupación en la zona rural, puede verse que el 55 % del total de ocupados en las ciudades son hombres y 45 % son mujeres, mientras que en la población rural la proporción es de 70 % hombres y 30% mujeres (Fundación para la Educación Superior y el Desarrollo [Fedesarrollo], 2017). Dentro de las principales fuentes de empleo en el sector rural se encuentran: el trabajador por cuenta propia, es decir, trabajo aportado por el dueño del predio o del cultivo, que contribuye con su mano de obra a la producción agrícola y que de la venta de la producción devenga su salario (51 %) y el jornalero en otras fincas (12 %) (Fedesarrollo, 2017). En la producción de frijol en el Caribe húmedo, la mayoría de las labores son realizadas por el propietario de la producción que contrata un obrero permanente (69,64 %), quien además apoya todas las labores de la finca. El 21,43 % de la producción utiliza mano de obra familiar y el 8,93 % emplea mano de obra ocasional, cuando las labores requieren un apoyo externo (figura 19). Del porcentaje de productores que afirma ocupar mano de obra familiar, el 58 % reconoce que paga el jornal a la familia y el restante 42 % dice que no paga esa mano de obra.

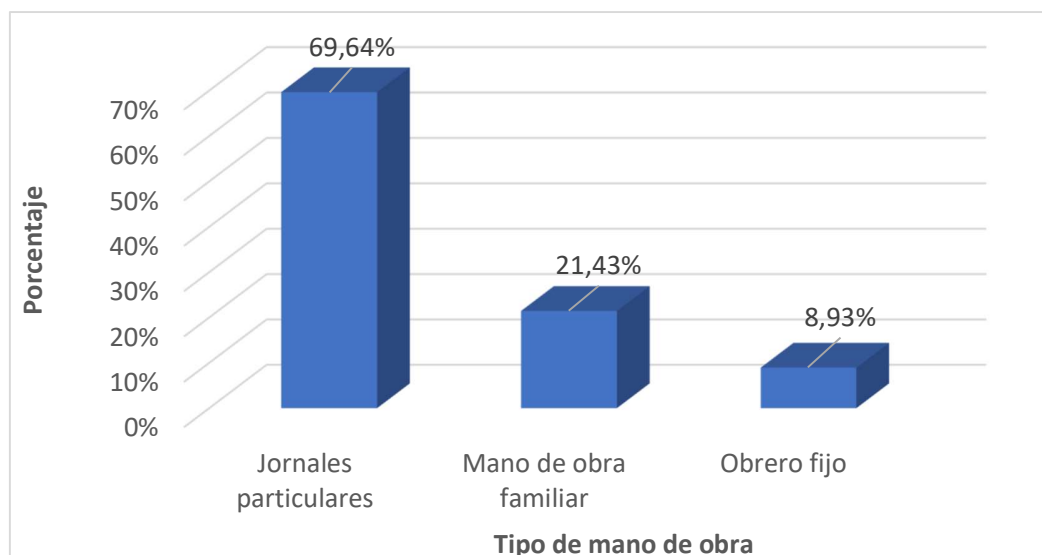


Figura 19. Tipo de mano de obra utilizada para la producción de frijol en el Caribe húmedo.

Fuente: Elaboración propia

La mayor proporción de trabajadores del sector rural trabaja en la informalidad; se paga un jornal y su costo depende de la zona. En el sur del Cesar el jornal a todo costo, es decir, sin alimentación, es de \$35.000, y con alimentación (desayuno y almuerzo) es de \$30.000. En entrevistas semiestructuradas realizadas en el marco del trabajo de campo de la meta titulada: *Diagnóstico de las condiciones socioeconómicas de la producción de hortalizas para el Caribe*, los productores refieren la forma de pago del jornal así: "El jornal se está pagando a 35 manteniéndose o sea que a 25, 30 mil, paga uno dándole uno el alimento, pero a qui la mayoría de gente se mantiene en su casa porque eso siempre es problemático para uno la hechura de comer y toda esa cosa".²

El jornal si la persona se mantiene 20 pesos (20 mil) hasta el mediodía, desde 6 am hasta 12, ese es el jornal que tenemos nosotros actual y se paga eso, si a la persona se le mantiene se la paga 20 y va hasta la tarde, si se le da desayuno y almuerzo se tira hasta al 1 o 1 30, si se le da la comida en la tarde ya va hasta las 4.³

² Productor de frijol común, de la vereda Los Baos, del municipio de Río de Oro, Cesar.

³ Productor de frijol caupí, del municipio de Carmen de Bolívar, Bolívar.

Etnias y agricultura familiar

Grupos étnicos

En las tierras cálidas de la costa atlántica está asentada una población indígena de economía campesina caracterizada por la baja disponibilidad de tierras, las cuales presentan poco potencial productivo en zonas transformadas o degradadas, como los pueblos Chimilas, Zenú y Emberá Katío, “hombres de montaña”. Todos ellos mantienen un modelo agrícola de subsistencia, en el que la canasta de leguminosas “frijoles” tiene un peso alto en su canasta alimenticia (Arango, 2004).

A continuación, se presentan algunas particularidades entre dichos pueblos que caracterizan su cosmovisión, vocación y sistemas productivos.

Pueblo Zenú

El frijol hace parte del patrimonio de la biodiversidad de los pueblos ancestrales. Este es el caso de los Zenú, que aún conservan semillas tradicionales de diferentes especies agrícolas, de acuerdo con sus costumbres gastronómicas. Este pueblo está ubicado en resguardos como Alto San Jorge y San Andrés de Sotavento en la región del Sinú y San Jorge, en los departamentos de Córdoba y Sucre. En el pueblo Zenú, las actividades de las cuales deriva su sustento son la pesca, la caza y la agricultura; cada una de ellas con sus propias dinámicas específicas acordes con su cosmovisión. El modelo de producción es la horticultura sedentaria en territorios propios donde se distinguen dos épocas de cultivo, transmitidas de generación en generación y que hacen parte del conocimiento local. Sin embargo, sus prácticas agrícolas tradicionales se han modificado debido a la disrupción de los ciclos naturales de inundación de la ciénaga por la represa de Urrá. En este sentido, el desfogue de la represa no se realiza durante los tiempos regulares de siembra, y esto ocasiona pérdidas en sus cultivos. Adicionalmente, este pueblo ha perdido sus costumbres productivas y ha adoptado por prácticas propias de la agricultura convencional (Morales-Ruiz & Pachón-Ariza, 2010).

Las épocas tradicionales de siembra son la “rosa” (abril y mayo) y la “segunda” (octubre y noviembre). La rosa inicia en marzo, cuando finaliza el verano; durante

esta época se prepara el terreno, talándolo y quemándolo, con el fin de dejarlo despejado y listo para que se riegue con las primeras aguas de la temporada invernal, que inicia en abril. La segunda siembra, dependiendo del tipo de cultivo por establecer, se realiza durante el periodo junio-agosto. La época de cosecha de la segunda se da en noviembre-diciembre, pues en noviembre se inicia la temporada de verano que se extiende hasta marzo, cuando comienza la preparación de un nuevo terreno para el siguiente ciclo. Los principales cultivos sembrados en el resguardo son principalmente transitorios, como maíz, yuca, arroz, batata, ñame, frijol, entre otros, los cuales están establecidos bajo asocio. Esto resulta benéfico para la sanidad del cultivo, la productividad y la seguridad alimentaria al diversificarse el número de productos obtenidos por unidad de área.

En las viviendas, se registran huertas pequeñas donde predominan especies cucurbitáceas y solanáceas que complementan la dieta, acompañadas de numerosas plantas medicinales para la atención de la salud de las familias. La dieta del pueblo Zenú es diversa en su consumo de leguminosas: frijoles integrados por diferentes especies como soya (*Glycine max*), caupí (*Vigna unguiculata*), guandul (*Cajanus cajan*), habichuela larga (*Vigna unguiculata*) y frijol común (*P. vulgaris* L.). Las variedades tradicionales de caupí se conocen como blanco cabecita negra, chino rojo, cuarentano blanco y cuarentano negro; de otra subespecie de *Vigna* se encuentran la habichuela criolla carriaco, negra, metro carriaco y metro negro; de frijol común están diablito rojo, rojo criollo; guandul tipos blanco, carriaco, negro y rosado (Arango, 2004).

Por otro lado, se practica la rotación de cultivos y el descanso entre cosechas. Posteriormente, se pica el material vegetal restante y se dispone sobre el terreno por periodos que varían entre seis meses y un año, dependiendo de la disponibilidad de áreas de siembra en la comunidad. En la preparación del terreno antes de la siembra, es común el uso de herramientas convencionales (machete, pico, pala, azadón) y el espeque o palo plantador (elaborado con madera de dividivi [*Caesalpinia coriaria*] o granadillo [*Platymiscium pinnatum*]), usados para remover el terreno y plantar la semilla con el esquema de labranza mínima, sin aplicación de fertilización química, pero con la incorporación de residuos de leguminosas: bovinaza o porquinaza. En el frijol, el aporque es una actividad fundamental dentro de sus prácticas hortícolas, además del control manual de arvenses.

Respecto al manejo de plagas y enfermedades, se utilizan los extractos de plantas aromáticas, medicinales y condimentarias, pero es creciente el uso de pesticidas, aunque se cuestiona la efectividad debido a elecciones erróneas por carencia de asistencia técnica. Las comidas tradicionales derivadas de la agricultura son yuca, plátano, ñame, batata, ahuyama, plátano papoche, frijol, mazamorra, bollo fritos de maíz, hortalizas (pepino, habichuela, carauta, berenjena) y arroz con frijol. Las bebidas tradicionales son chichas, masato y mingú (mazamorra fría de plátano maduro) (Arango, 2004; Ministerio del Interior, 2014).

- Pueblo Emberá Katío. Se encuentra ubicado al noroccidente de Antioquia y en Córdoba sobre los ríos Sinú, Río Verde y Esmeralda, con una población aproximada de 2400 personas agrupadas en 21 comunidades (Agencia de la ONU para los Refugiados [ACNUR], 2011). Es una comunidad que vive de los cultivos de maíz (del cual extraen la harina o moina) y plátano, de la caza, la pesca, las huertas caseras y la cría de animales. Construye sus tambos a lo largo del río, el cual hace parte de su cosmovisión. La cacería la desarrollan los hombres, mientras que las mujeres se dedican al cuidado de la huerta, pesca y cría de especies menores (Arango, 2004). Este último aspecto, principalmente, está asociado a la pérdida de áreas significativas de pesca y caza. Esto ha llevado a que la seguridad alimentaria se afecte de manera deficitaria, debido a la baja disponibilidad de pescado y carne de animales silvestres y a la sustitución obligada de estos por fuentes alimenticias no tradicionales de las cuales poco se conoce su elaboración, como bienestarina, lenteja y garbanzo. La problemática de disponibilidad de tierras para las actividades ancestrales ha repercutido sobre el estado nutricional infantil, dado que estos productos foráneos también se ofrecen a la alimentación de animales domésticos como gallinas y cerdos. El territorio Emberá Katío se concentra más que nada en la reserva del alto Sinú (Morales-Ruiz & Pachón-Ariza, 2010).
- Los Chimilas se localizan actualmente en la jurisdicción de la población de San Ángel, ubicada en las llanuras centrales de los departamentos del Magdalena y el Cesar. El pueblo Ette Ennaka está ubicado principalmente en el departamento de Magdalena, donde habita el 63,9 % de la población, en La Guajira el 20,0% (322 personas) y en Cesar el 2,9% (47 personas). Tradicionalmente, se conocen como *Chimilas*. Sin embargo, este término es peyorativo para el pueblo, por lo cual se denominan *Ette Ennaka*, que

significa *gente verdadera* en su lengua. La producción económica de los Chimila está basada en la horticultura, la cacería y la pesca, complementadas con la cría de animales y aves domésticas (ONIC, s.f.).

Sistema de agricultura familiar y étnico, con arreglo multiestrato, cultivo principal frijol

Para la producción de hortalizas con enfoque étnico y de agricultura familiar, se propone un modelo productivo de frijol en arreglo multiestrato, en el que se apliquen criterios técnicos en la selección de especies, utilización de los residuos de producción agropecuaria, uso apropiado del agua y adecuadas labores culturales, como oferta tecnológica alcanzada a partir de los resultados previos de AGROSAVIA en la investigación sobre cultivo de frijol.

Los arreglos multiestrato propuestos por AGROSAVIA poseen grandes ventajas, por ejemplo, su alto índice de diversidad y los niveles de materia orgánica abundantes que protegen al suelo y el incremento de la resiliencia potencial de estos sistemas al cambio climático (Negreros-Castillo & De Clerk, 1999). De acuerdo con lo anterior, un arreglo multiestrato es un tipo de sistema agroforestal (SAF) donde interactúa el componente arbustivo con plantas herbáceas, hortalizas, etc. Los SAF constituyen una alternativa para mejorar la productividad en zonas cálidas al incrementar la cobertura del suelo, lo cual disminuye la erosión hídrica y eólica (Ballesteros & Musalem, 2003); además, favorecen la generación de un microclima que disminuye la alta irradiancia en zonas cercanas al Ecuador terrestre, amortigua la desecación del viento, la pérdida del agua en el agroecosistema y disminuye la presión de plagas y enfermedades. La presencia de árboles multiestrato en SAF también puede ser importante para mitigar los efectos de las sequías, maximizar la eficiencia del uso del agua y de los fertilizantes, mejorar la sanidad y el uso de la tierra (Del Cura, Quintero, & Rosas, 2015).

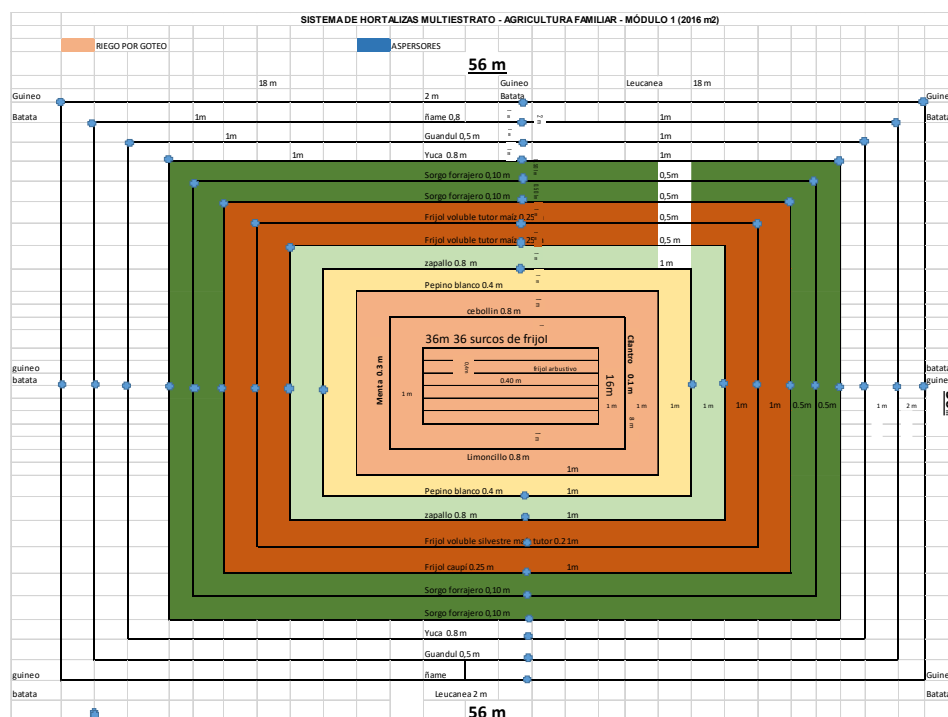
Por otro lado, una de las principales ventajas que presenta la producción de frijol en arreglo multiestrato es que permite integrar la diversidad de granos que componen la canasta básica de los zenúes y emberá katíos, y esto maximiza la

productividad y la resiliencia, entendida esta última como la capacidad de un sistema de mantener su estructura organizacional y productividad después de sufrir estrés o limitación. Esta limitación puede consistir en un estrés frecuente, acumulativo o fortuito (Gómez, 2017).

La noción epistemológica del arreglo multiestrato guarda alta concordancia con la cosmología de los pueblos ancestrales en lo referente a valoración de la biodiversidad, la naturaleza y el medio ambiente. De acuerdo con los representantes de pueblos indígenas del país, “la soberanía alimentaria nutricional o SOAN”, un tema de alto interés para las autoridades indígenas quienes están obligados a dirigir acciones para garantizar a su comunidad este derecho natural. Alrededor de esta temática se priorizan temas que tienen un matiz específico para las etnias, como sistemas de producción ancestral, conservación de recursos fitogenéticos y sistemas alimentarios autóctonos, territorio, conservación del ambiente natural, impacto de la explotación minera y la agroindustria en la calidad de vida indígena, nutrición y salud de la infancia (FAO, 2014, 2015).

Además, se integran productos que no solo presentan beneficios ecosistémicos, también se ofrece comida para los animales de las comunidades. Esto tiene especial relevancia si se considera que los alimentos para los animales compiten por los recursos disponibles para los niños, como harinas y demás fuentes de energía (Ministerio del Interior, 2014).

AGROSAVIA evaluó tres arreglos multiestrato en Codazzi, Cesar, en los que las especies principales fueron berenjena, ají y frijol, bajo el esquema de cultivos intensivos sostenibles. La composición propuesta de especies buscó producir alimento para el sistema animal (estrato arbóreo y sorgo forrajero), que hace parte de la agricultura familiar de la subregión Caribe seco, principalmente chivos u ovejas; también para el consumo de la familia y contribuir a la seguridad alimentaria y al cuidado tradicional de la salud (cultivos barrera de pan coger y aromáticas), y para la producción comercial de hortalizas con estándar de calidad (frijol, ají, berenjena o tomate) (figura 20a). Estos modelos se socializaron exitosamente con grupos indígenas del Caribe seco (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [Corpoica], 2016).



Fotos: Pedro Suárez y Carina Cordero

Figura 20. Arreglos multiestrato. a. Esquema de un arreglo multiestrato de frijol basado en las especies de tradición productiva de la agricultura familiar del Caribe húmedo; b. Cultivo en arreglo multiestrato, Codazzi, Cesar. Bordes con limoncillo, albahaca en cultivo de berenjena; c. Periferia de arreglo multiestrato con hortalizas, Codazzi, Cesar.

Nota: Especies involucradas: batata, guineo, jobo, cañandonga, ñame, yuca, maíz criollo, guatila, habichuela larga, zapallo, pepino blanco, pepino de relleno, limoncillo, menta, cilantro, cebollín y frijol caupí, zona central del lote.

Fuente: Elaboración propia

En los arreglos propuestos, los cultivos barrera se organizan espacialmente en rectángulos de una sola línea de siembra, siendo los más externos las especies semileñosas, que alcanzan una densa barrera compuesta hasta de siete especies bordeando la periferia del cultivo principal (hortaliza) y protegiéndolo frente al daño mecánico, la desecación del viento y la presión de plagas y enfermedades.

1. Arreglo 1

Área: 280 m²

- Especies/distancias de siembra:
 - *Capsicum* spp. (ají): 1 m entre surco por 0,8 m entre plantas. Total 60 plantas (40 m², 11 surcos de 4 metros).
 - *Ocimum basilicum* (albahaca): se dejó 1 m de distancia desde la hortaliza y se sembró una línea de albahaca de 12 m con un espaciamiento de 0,8 m entre plantas.
 - *Cymbopogon citratus* (limoncillo): se dejó 1 m de distancia desde la hortaliza y se sembró una línea de limoncillo de 12 m con un espaciamiento de 0,8 m entre plantas.
 - *Coriandrum sativum* (cilantro): se dejó 1 m de distancia desde la hortaliza y se sembró a chorrillo una línea de cilantro de 6 m.
 - *Allium schoenoprasum* (cebollín): se dejó 1 m de distancia desde la hortaliza y se sembró una línea de cebollín de 6 m con un espaciamiento de 0,1 m entre plantas.
 - *Sorghum bicolor* (sorgo forrajero): se dejó 1 metro de distancia de las aromáticas y se sembró alrededor de las aromáticas líneas con un espaciamiento de 1 m y 0,1 m entre plantas.
 - *Manihot esculenta* (yuca): se dejó 1 metro de distancia del sorgo y se sembró la yuca a 1 m entre planta.
 - *Cajanus cajan* (guandul): se dejó 1 m de distancia de la yuca y se sembró el guandul con una distancia entre plantas de 2 m.
 - *Solanum melongena* (berenjena): se sembraron dos o tres plantas de berenjena en el centro de la línea de guandul a una distancia de 2 m.
 - *Crescentia cujete* (totumo): se dejó 1 metro de distancia del guandul y berenjena para sembrar la arbórea a 2 m entre plantas.
 - *Musa* ABB (plátano): se sembró en las esquinas de cada módulo plátano de la variedad papoche.
 - *Ipomoea batata* (batata): la batata se estableció a 50 cm de la base de las plantas de plátano.

2. Arreglo 2

Área: 238 m²

- Especies/distancias de siembra:
 - *P. vulgaris* (frijol): 1 m entre surco por 0,4 m entre plantas, total 88 plantas (28 m², 5 surcos de 7 m).
 - *Melissa officinalis* (toronjil): se dejó 1 m de distancia desde la hortaliza y se sembró una línea de toronjil de 9 m con un espaciamiento de 0,8 m entre plantas.
 - *Cymbopogon citratus* (limoncillo): se dejó 1 m de distancia desde la hortaliza y se sembró una línea de limoncillo de 9 m con un espaciamiento de 0,8 m entre plantas.
 - *Coriandrum sativum* (cilantro): se dejó 1 metro de distancia desde la hortaliza y se sembró a chorrillo una línea de cilantro de 6 m.
 - *Mentha* spp. (menta): se dejó 1 m de distancia desde la hortaliza y se sembró una línea de menta de 6 m con un espaciamiento de 0,3 m entre plantas.
 - *Zea mays* (maíz): se dejó 1 m de distancia de las aromáticas y se sembró el maíz a 0,3 m entre plantas.
 - *Manihot esculenta* (yuca): se dejó 1 m de distancia del maíz o yuca, y se sembró la yuca a 1 m entre planta.
 - *Cajanus cajan* (guandul): se dejó 1 m de distancia de la yuca y se sembró el guandul con una distancia entre plantas de 2 m.
 - *Solanum melongena* (berenjena): se sembraron tres plantas de berenjena en el centro de la línea de guandul a una distancia de 2 m.
 - *Leucaena leucocephala* (leucaena): se dejó 1 m de distancia del guandul y berenjena para sembrar la arbórea a 2 m entre plantas.
 - *Musa* ABB (plátano): se sembró en las esquinas de cada módulo plátano de la variedad papoche.
 - *Ipomoea batata* (batata): la batata se estableció a 50 cm de la base de las plantas de plátano.

3. Arreglo 3

Área: 270 m²

- Especies/distancias de siembra:
 - *Solanum melongena* (berenjena): 1 m entre surco por 0,8 m entre plantas. Total 48 plantas (48 m², 13 surcos de 4 m).

- *Melissa officinalis* (toronjil): se dejó 1 metro de distancia desde la hortaliza y se sembró una línea de toronjil de 12 m con un espaciamiento de 0,8 m entre plantas.
- *Ocimum basilicum* (albahaca): se dejó 1 m de distancia desde la hortaliza y se sembró una línea de albahaca de 12 m con un espaciamiento de 0,8 m entre plantas.
- *Cymbopogon cytratum* (limoncillo): se dejó 1 metro de distancia desde la hortaliza y se sembraron dos líneas de limoncillo de 5,5 m con un espaciamiento de 0,8 m entre plantas.
- *Zea mays* (maíz): se dejó 1 metro de distancia de las aromáticas y se sembró el maíz a 0,3 m entre plantas.
- *Manihot esculenta* (yuca): se dejó 1 metro de distancia del maíz y se sembró la yuca a 1 m entre planta.
- *Cajanus cajan* (guandul): se dejó 1 m de distancia del maíz o yuca, y se sembró el guandul a 2 m entre plantas.
- *Solanum melongena* (berenjena): se sembraron tres plantas de berenjena en el centro de la línea de guandul a una distancia de 2 m.
- *Leucaena leucocephala* (leucaena) y *Crescentia cujete* (totumo): se dejó 1 metro de distancia del guandul y se sembraron los árboles a 2 m entre plantas.
- *Musa* ABB (plátano): se sembró en las esquinas de cada módulo plátano de la variedad papoche.
- *Ipomoea batata* (batata): la batata se estableció a 50 cm de la base de las plantas de plátano (figura 20).

En el caso de las etnias Zenú y Emberá Katío, para la implementación de arreglos multiestrato se proponen variantes que suministren alimentación a los cerdos y a las aves, sin reñir con los productos para la alimentación de la comunidad, como leucaena (*Leucaena leucocephala*), mata ratón (*Gliricidia sepium*), algarrobo (*Hymenaea courbaril*), cañandonga (*Cassia grandis*), hobo (*Spondia mombin*) y guásimo (*Guazuma ulmifolia*), todas estas especies arbóreas con tolerancia moderada a zonas inundables (López et al., 2016). También se proponen como variantes de uso doble propósito las especies nativas guatila (*Sechium edule* [Jacq.]), pepino criollo blanco (*Solanum furcatum*), pepino de relleno (*Cyclanthera pedata*) (García, 2011) y habichuela larga (*Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis*).

Capítulo III

Frijol común *Phaseolus vulgaris* L.

Origen, taxonomía, clasificación, descripción botánica y ciclo de vida del cultivo

El valor ecosistémico de la biodiversidad en los sistemas agrícolas ha cobrado gran importancia en la actualidad, especialmente en la búsqueda de sistemas de cultivo con mayor resiliencia a la variabilidad y cambio climático (Corpoica, 2016b). En el caso del frijol común tipo arbustivo cultivado en la zona Caribe, el linaje mesoamericano puede ofrecer respuestas frente a la tolerancia a estreses bióticos. Por tanto, se hace necesario precisar las características biológicas del germoplasma de *Phaseolus* y *Vigna*, su taxonomía, con el objetivo de reconocer las características biológicas y productivas a las que se enfrenta el productor y la variabilidad genética registrada en los caracteres de mayor interés morfoagronómico que pueden aprovecharse a través del mejoramiento genético (Beyra & Reyes, 2004). Estas características, aunque parezcan un tanto académicas, constituyen el preámbulo necesario para abordar en este capítulo la tecnología local de producción, dado que por ser el frijol común y el caupí cultivos de corta duración, las labores culturales y de manejo deben aplicarse en el momento fenológico apropiado, con el fin de maximizar la productividad y calidad del producto, y a la vez minimizar los costos de producción.

Origen

El frijol común *Phaseolus vulgaris* L., una de las leguminosas más importante del mundo para el consumo humano, presenta dos centros de origen: el mesoamericano y el andino (origen neotropical), que son diferenciables en términos de morfología, fisiología, patrones arqueológicos, geográficos, botánicos y moleculares (polimorfismos de ADN) (Gepts, Osborn, Rashka, & Bliss, 1986; Koenig & Gepts, 1989; Singh, Nodari, & Gepts, 1991; Tohme, González,

Beebe, & Duque, 1996). El acervo mesoamericano incluye un grupo de cultivares nativos relacionados que se denominan Durango, Jalisco y Mesoamérica, mientras que el andino incluye a Chile, Perú y Nueva Granada (Beebe et al., 2000; Singh et al., 1991). El ancestro silvestre del frijol común crece como una planta de guía (trepadora) anual desde el noroeste de México hasta el norte de Argentina, en el bosque subhúmedo premontano (Freytag & Debouck, 2002), entre 1500 y 2200 m s. n. m., bajo temperaturas moderadas, con épocas marcadas de lluvias y sequía.

Taxonomía y clasificación

El género *Phaseolus* está constituido por 70 especies aproximadamente, cinco de las cuales se domesticaron y cultivaron (*P. vulgaris* L., *P. dumosus* Macfad., *P. coccineus* L., *P. acutifolius* A. Gray y *P. lunatus* L.). De estas cinco especies, el frijol común *P. vulgaris* L. (figura 21), es el de mayor interés económico, por ser un cultivo que se desarrolla en regiones templadas y tropicales (Singh & Voysest, 1997), por lo que dicha especie se cultiva mayoritariamente alrededor del mundo (Acosta-Gallegos, Kelly, & Gepts, 2007).

Reino	•Plantae
División	•Magnoliophyta
Clase	•Magnoliopsida
Orden	•Fabales
Familia	• Fabaceae
Subfamilia	•Papilionoidene
Tribu	•Phaseoleae, Phaseolinae
Género	• <i>Phaseolus</i>
Especie	• <i>P. vulgaris</i> L.

Figura 21. Taxonomía de *Phaseolus vulgaris* L.

Fuente: Elaboración propia

Descripción botánica

Sistema radical

En las etapas fenológicas iniciales, el sistema radical está formado por la radícula del embrión, la cual da origen a la raíz principal. Luego, después de la emergencia de la radícula, se puede observar el desarrollo de las raíces secundarias, especialmente en la parte superior de la raíz principal. Sobre las raíces secundarias se desarrollan las raíces terciarias y por último los pelos absorbentes, los cuales, además, se encuentran abarcando todo el sistema radicular. La raíz principal se puede distinguir por su diámetro y mayor longitud; sin embargo, a pesar de ello, el sistema radical tiende a ser fasciculado (figura 22), fibroso en algunos casos, pero con una amplia variación, incluso dentro de una misma variedad. En general, el sistema radical es superficial, ya que el mayor volumen de raíces se encuentra en los primeros 30 centímetros de profundidad del suelo (Arias et al., 2007).



Foto: Yanine Rozo L.

Figura 22. Sistema radical en frijol arbustivo tipo Zaragoza.

La composición del sistema radical del frijol y su tamaño dependen de las características del suelo, tales como estructura, porosidad, grado de aireación, capacidad de retención de humedad, temperatura, contenido de nutrientes, etc. (Centro Internacional de Agricultura Trópica [CIAT], 1984).

El frijol presenta nódulos radicales producidos por la colonización de *Rhizobium*, ubicados a lo largo de las raíces laterales y concentrados principalmente en la zona superior y media de la raíz, de modo característico en la subfamilia Papilionoidae. Estas bacterias transforman el nitrógeno atmosférico en amonio y son responsables de la fijación biológica del nitrógeno, actividad biológica simbiótica que le suministra parte de las necesidades de nitrógeno de la planta con registros hasta del 30 %, (Arias et al., 2007).

Tallo

El tallo se origina a partir del meristemo apical del embrión de la semilla, y constituye el eje central de la planta. Presenta un aspecto herbáceo (figura 23) con una sección cilíndrica o levemente angular, y una sucesión de nudos y entrenudos. Desde la germinación, y en las primeras etapas fenológicas de la planta, el meristemo tiene dominancia apical y en su proceso de desarrollo genera los nudos donde se insertan las hojas o los cotiledones en el tallo (Arias et al., 2007).



Foto: Yanine Rozo L.

Figura 23. Tallo de planta arbustiva de frijol.

En la parte terminal del tallo, es común encontrar un desarrollo característico, que depende del hábito de crecimiento de la variedad, con dos posibles opciones: una es el hábito de crecimiento determinado, en el que el tallo termina en una inflorescencia que indica un cese en el crecimiento de la planta; la otra es el hábito de crecimiento indeterminado, donde el tallo sigue creciendo eventualmente debido a la presencia de un meristemo vegetativo en la parte terminal, el cual permite formar más nudos y entrenudos (CIAT, 1984) (figura 23).

Hábitos de crecimiento

La arquitectura final de la planta está determinada por la interacción de diferentes caracteres, algunos de los cuales son influenciados por el entorno; por esto, el hábito de crecimiento de la planta también puede ser influenciado por la interacción genotipo-ambiente. Los caracteres que apoyan en la identificación del tipo de hábito de crecimiento son los terminales del tallo, en los que se identifica la yema floral o el crecimiento vegetativo, número, longitud de entrenudos, longitud de la planta, habilidad trepadora y filotaxia (Arias et al., 2007).

En este sentido, se considera que los hábitos de crecimiento pueden agruparse en cuatro tipos principales (CIAT, 1984):

- Tipo I. Determinado arbustivo. En este tipo de crecimiento, el tallo y las ramas finalizan en una yema reproductiva (figura 24). Se caracteriza por presentar un tallo dominante y erecto y bajo número de entrenudos con entrenudos cortos; tiene una altura inferior a 50 cm. También presenta floraciones concentradas, al igual que madurez uniforme de las vainas. Los frijoles que se siembran en el Caribe húmedo presentan esta clase de crecimiento (Federación Nacional de Cerealistas y Leguminosas [Fenale], 2010).

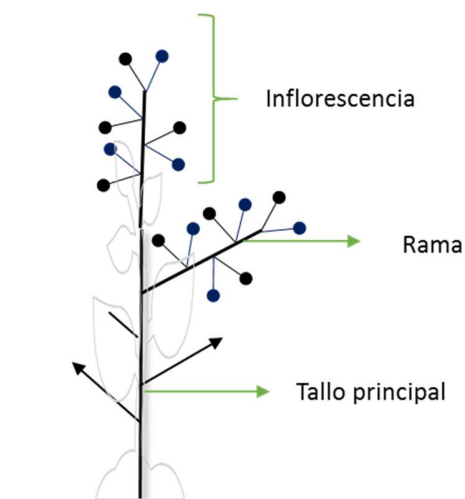


Figura 24. Hábito de crecimiento determinado arbustivo.

Fuente: Elaboración propia, a partir de Pontificia Universidad Católica de Chile (s.f.)

- Tipo II. Indeterminado arbustivo. En este tipo de crecimiento, aunque el tallo es erecto y no tiene aptitud trepadora, presenta una guía corta, concentrada en el tallo más no en las ramas; presenta mayor ramificación y número de nudos que el tipo I, pero se evidencian ramas más cortas que el tallo y el crecimiento persiste aún después de alcanzar la floración (figura 25) (Fenalce, s.f.).

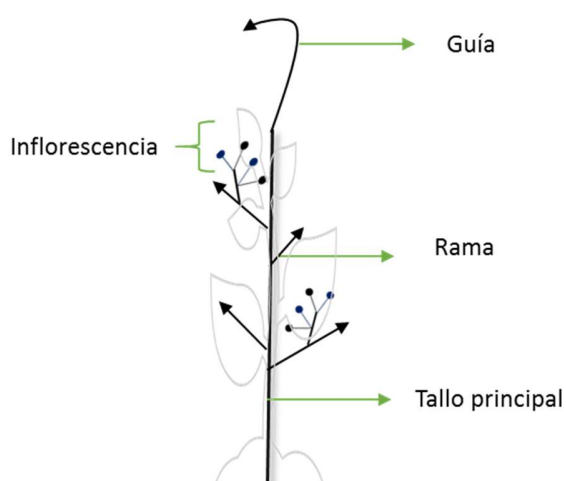


Figura 25. Hábito de crecimiento indeterminado arbustivo.

Fuente: Elaboración propia, a partir de Pontificia Universidad Católica de Chile (s.f.)

- Tipo III. Indeterminado postrado. Las plantas no son erectas, presentan alto grado de ramificación y tanto los tallos como las ramas terminan en guías. La altura de la planta es superior a 0,8 m. Las ramificaciones y longitud de los entrenudos superan a los arbustivos determinados e indeterminados; sin embargo, hay heterogeneidad en el interior de la especie respecto al momento fenológico cuando se inicia la expresión del hábito de crecimiento, pues en algunas variedades este rasgo se expresa desde el comienzo del desarrollo vegetativo, mientras que aquellas que durante el crecimiento vegetativo son arbustivas, una vez alcanzan la floración empiezan a diferenciarse como postradas o semipostradas (figura 26) (Fenalce, 2010).

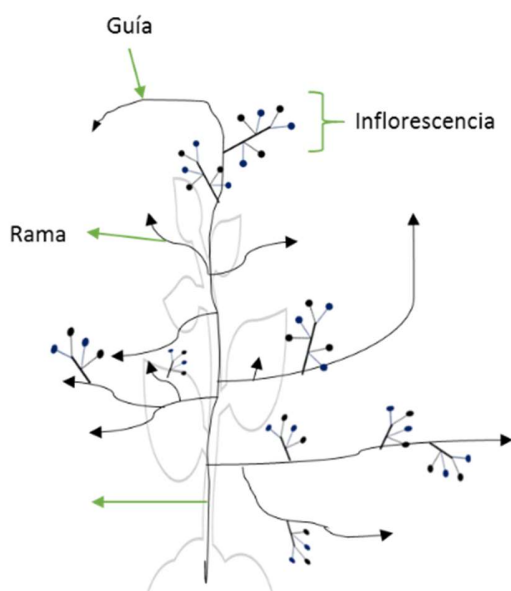


Figura 26. Hábito de crecimiento indeterminado postrado

Fuente: Elaboración propia, a partir de Pontificia Universidad Católica de Chile (s.f.)

- Tipo IV. Indeterminado trepador. Este tipo de frijol requiere tutorado, ya que la planta puede alcanzar hasta 2 m de longitud al desarrollar hasta 30 nudos y necesita mayor mano de obra para la cosecha, pues las vainas producidas no maduran simultáneamente porque la floración es más extendida y durante su ciclo fenológico, una vez alcanza la diferenciación floral, coexisten vainas en diferentes estados de desarrollo. A este tipo de hábito pertenecen

las variedades de mayor consumo en Colombia, como los tipos cargamanto y bola roja que se producen en zonas frías de la zona andina (Fenalce, 2010). Las plantas se caracterizan porque a partir de la primera hoja trifoliada el tallo evidencia doble torsión o capacidad trepadora con alta dominancia apical, razón por la cual las ramas presentan bajo desarrollo. En la subregión Caribe húmedo no se cultivan esta clase de frijoles, pues las altitudes de las lomas y lomeríos en pocos casos superan los 1800 m s. n. m. (figura 27) (Espinal Tascón, 1977).

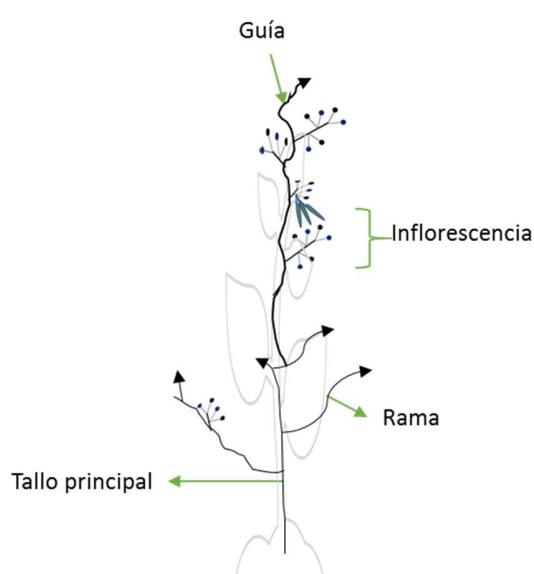


Figura 27. Hábito de crecimiento indeterminado trepador.

Fuente: Elaboración propia, a partir de Pontificia Universidad Católica de Chile (s.f.)

Ramas

El desarrollo de las ramas en la planta de frijol está asociado con el tipo de hábito; en este sentido, el hábito IV o trepador tiene el menor desarrollo y el tipo I o arbustivo determinado presenta el mayor desarrollo de ramas fuertes y bien definidas. Las ramas se generan a partir de un complejo de yemas en las axilas del tallo. Según el tipo de planta, las tres yemas pueden tener un desarrollo completamente vegetativo, floral y vegetativo o completamente floral. La filotaxia en frijol es específica de las papilionáceas (figura 28) (Arias et al., 2007).



Foto: Yanine Rozo L.

Figura 28. Ramas de frijol *Phaseolus vulgaris* L.

Hojas

En el frijol común se identifican a lo largo de su ciclo de vida dos tipos de hojas. las primeras son simples y se desarrollan durante la emergencia a partir del segundo nudo del tallo y sufren abscisión, un poco antes de que la planta alcance su desarrollo. Las segundas hojas son las típicas del frijol de forma trifoliada, y algunas variedades, según su origen, pueden presentar pubescencia notable. También la forma y el tamaño de los folíolos están asociados a la raza del frijol según su origen sea mesoamericano o andino. Las hojas constituyen un indicador morfológico del origen de domesticación del frijol, y en todos los casos, sin importar la raza, se distinguen tres folíolos: un raquis y un par de estípulas en la base. El color de las hojas puede cambiar de acuerdo con la variedad, la edad de la lámina y el estado fenológico de la planta, pues una vez se alcanza la madurez fisiológica de las vainas en los tipos arbustivos, las hojas jóvenes y maduras inician un proceso general de senescencia. En los tipos trepadores la senescencia está asociada a la duración de la lámina foliar y a la finalización del ciclo productivo (figura 29) (CIAT, 1984; Voysest, 2000).



Foto: Yanine Roza L.

Figura 29. Hojas de frijol *Phaseolus vulgaris* L., Río de Oro, Cesar.

Flor

La flor del frijol es una típica flor papilionácea. En el proceso de desarrollo se identifican las etapas botón floral y flor desarrollada. El botón floral, indistintamente del tipo de yema a partir de la cual se origine, aparece envuelto por completo en una bractéola, y una vez se desarrolla sobresale de la bractéola la corola aún cerrada. Después de alcanzar la antesis, la corola se despliega. En la flor abierta puede identificarse el peciolo y en la base, una bráctea; el cáliz también posee una bráctea diferenciada, cinco picos triangulares y una bractéola; también tiene una corola pentámera, cuyo color varía según la variedad, y en la cual se identifican dos pétalos pegados a la base (CIAT, 1984).

La morfología floral del frijol favorece el mecanismo de autopolinización, ya que las anteras están al mismo nivel del estigma y, además, ambos órganos están envueltos en su totalidad por la quilla. Cuando se produce el derrame del polen (antesis), este cae directamente sobre el estigma (CIAT, 1984) (figura 30).



Foto: Yanine Rozo L.

Figura 30. Flor de *Phaseolus vulgaris* L. Variedad local frijol zaragoza

Fruto

El fruto es una vaina (típico de las leguminosas) con dos valvas, que provienen del ovario comprimido. Las vainas pueden presentar diversas coloraciones, uniformes o con rayas, dependiendo de la variedad; están unidas por dos suturas: la sutura dorsal, llamada placentar, y la sutura ventral. Los óvulos, que son las futuras semillas, alternan en la sutura placentar (Arias et al., 2007) (figura 31).



Foto: Yanine Rozo L.

Figura 31. Fruto de *Phaseolus vulgaris* L.

Semilla

Dada la condición autógama del frijol común, las posibilidades de cruzamiento intervarietal son limitadas. En este sentido, las contaminaciones observables corresponden al tipo físico en el que se puede mezclar con el grano semillas de arvenses, fracciones de la planta o de la vaina, semillas de plantas producidas a partir de granos remanentes en el suelo de la cosecha anterior, trilladoras sin limpiar y sacos sin sacudir que pueden contener semillas de otras variedades beneficiadas anteriormente. De acuerdo con lo anterior, en el proceso de cosecha y beneficio debe prestarse especial atención al mantenimiento de la calidad física y genética (Araya & Hernández, 2007).

En el germoplasma del frijol se identifica diversidad en el color y forma de la semilla; algunas de estas formas predominantes son cilíndrica, arriñonada, esférica, cuadrada, entre otras. Los colores más extendidos son blancos, rojo, crema, negro, café y, con frecuencia, la combinación de estos (figura 32). No posee albumen, por lo cual las reservas nutricionales se concentran en los cotiledones. Las principales partes externas de la semilla son la testa o cubierta, que corresponde a la capa secundaria del óvulo; el hilum o cicatriz, que deja el funículo que conecta la semilla con la placenta; el micrópilo, que es una abertura en la cubierta o corteza de la semilla y cuya función es absorber el agua, y el rafe, que proviene de la soldadura del funículo con los tegumentos externos del óvulo (Tamayo et al., 2013).



Foto: Yanine Roza L.

Figura 32. Semilla de frijol *Phaseolus vulgaris* L., variedad de frijol biofortificado Corpoica rojo 43.

Recurso genético, variedades y valor nutricional

Los productores han guardado celosamente las semillas de variedades de frijol que lentamente fueron desapareciendo de las plazas de mercado, para luego compartirlas con amigos y conocidos, o para intercambio o trueque con otros alimentos u otras variedades de frijol. Las semillas criollas y nativas son una herencia de nuestros campesinos, pues ellos saben que las variedades que no son comercializables en los grandes mercados de los centros urbanos se demoran en crecer un poco más de tiempo, pero su sabor y calidad son superiores al frijol comercial. Ellos las guardan para su propio consumo (Gómez, 2015).

Este proceso se ha visto reflejado en los departamentos del Caribe húmedo. De acuerdo con las encuestas realizadas por AGROSAVIA, se hallaron variedades nativas, propias de los mercados locales y para el autoconsumo, un recurso genético importante que sigue evolucionando en los campos de cultivo de los productores. Además, en cultivos, mercados y almacenes de cadena de encontró frijol zaragoza, caupí, habichuela larga y guandul; sin embargo, el frijol guandul no se vio como cultivo establecido, sino como barrera o sombrío de otros cultivos. Teniendo en cuenta lo anterior, en esta sección se presentan datos relevantes respecto al germoplasma de *Phaseolus* y *Vigna*, al igual que los estudios moleculares que respaldan sus relaciones filogenéticas y su variabilidad. También se muestran las principales propiedades nutricionales de los frijoles y la vaina de habichuela larga, que fundamentan su importancia en la alimentación de la base poblacional regional. Por último, se relacionan las variedades locales evidenciadas en la investigación y el registro de las variedades mejoradas disponibles para los productores.

Acervos genéticos

Las leguminosas corresponden a un grupo de especies de gran importancia para la alimentación humana, debido a sus aportes de proteínas, vitaminas y minerales. En este sentido, gracias a sus aportes alimenticios ayudan a prevenir enfermedades como la anemia, la cual tiene el mayor impacto sobre la carga global de enfermedad. En este sentido, la anemia, es una de las enfermedades carenciales que mayor impacto tienen sobre la carga global de enfermedad. En 2012, la Organización Mundial de la Salud (OMS) reportó que aproximadamente 1,9 billones de personas presentaban esta condición, lo cual corresponde al 31 % de la población mundial (OMS, s.f.b). Así, en el Caribe húmedo, bajo la denominación de frijol, se agrupan diversas leguminosas de alta importancia para la alimentación humana, como guandul (*Cajanus cajan*), frijol caupí (*Vigna unguiculata*) y frijol común (*P. vulgaris* L.); también es significativa la producción de habichuela larga (*Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis*) (AGROSAVIA, 2018)

Fríjol común

Con respecto a las características biológicas y ecofisiológicas del cultivo, puede indicarse que el frijol (*P. vulgaris* L.) es una especie originaria de América, y de acuerdo con los centros del centro de domesticación (Meso y Suramérica), se presentan dos acervos genéticos, y cada uno de estos tiene diferenciación en sus características ecofisiológicas, morfológicas, bioquímicas, moleculares y la respuesta a estreses bióticos y abióticos (Cichy, Blair, Galeano Mendoza, Snapp, & Kelly, 2009). En especial, el germoplasma mesoamericano se ha asociado con mayor potencial de rendimiento, diversidad de genes de resistencia a enfermedades, plagas, tolerancia al calor y sequía, pero el tamaño del grano presenta desventajas respecto a los materiales andinos con mayor tamaño, calidad de semilla y valor en el mercado colombiano, como los tipos cargamanto (Mayor, Raatz, & Blair, 2016). Sin embargo, hay que tener en cuenta que las diferentes clases de frijol comercial en el mundo corresponden a la combinación específica de las características del grano como tamaño, forma y color, y que dichas preferencias varían entre países y regiones; esto, en buena medida, condiciona el éxito de la adopción de nuevos cultivares. Cada país de Latinoamérica gusta

de uno o varios frijoles; en general, en las zonas pertenecientes al antiguo imperio Inca, desde Pasto hasta el sur de Chile, la preferencia de consumo está en los granos grandes, y es posible que los granos pequeños que se cultivan en Brasil, América Central, costa de México, las Antillas y Venezuela tengan un origen común debido a la dispersión de los indios Caribes (Voyses, 2000).

En este sentido, la clase comercial del grano, la reacción a limitantes bióticos y el rendimiento condicionan la aceptación de los cultivares de frijol. Respecto al rendimiento, se han establecido posibles interrelaciones entre hábito de crecimiento, tamaño de la semilla, madurez y centro de origen de domesticación y rendimiento en frijol común. Sin embargo, se ha determinado, a partir de estudios genéticos, que las diferencias en rendimiento entre los tipos de planta I y II son atribuibles a diferencias en el número de nudos en el tallo principal y en la longitud de las guías. Estas variables, además de la habilidad trepadora y altura de planta, explican las diferencias altamente significativas en cuanto a rendimiento entre los tipos de frijol determinados y los trepadores. Esto se evidencia en la heredabilidad del rendimiento en los cruces entre plantas de hábito IV y las de hábito I y II (Kornegay, White, & Ortiz de la Cruz, 1992). También se ha definido que los genotipos de frijol de semilla pequeña rinden más que las plantas de semillas grandes. Con respecto a las variables productivas, el rendimiento se correlaciona de manera positiva con vainas/m², semillas/vaina; en cuanto a las variables morfológicas, todos los rasgos de la arquitectura de planta, excepto ramificaciones/planta (Nienhuis & Singh, 1986). Esto se refleja en los promedios nacionales de los frijoles volubles 1,2 t/ha frente a 0,8 t/ha, promedio del frijol arbustivo cultivado en clima medio de la zona andina, santanderes y costa Caribe (Tamayo et al., 2013).

En el Caribe colombiano la adaptación del frijol común está limitada por las altas temperaturas diurnas y nocturnas registradas en sabanas y pie de montes $\geq 30^{\circ}\text{C}$ y $\geq 20^{\circ}\text{C}$, respectivamente, y por la poca disponibilidad de agua que ocasionan baja viabilidad de polen, desarrollo interrumpido del óvulo y deformaciones de la vaina. Esto se refleja en abscisión de flores y vainas pequeñas, semillas vanas y

deformadas que en conjunto determinan una baja productividad de grano, a pesar del buen desarrollo del brote (Barrios-Gómez & López-Castañeda, 2009; Polanía, Chaves, Cajiao, Beebe, & Rao, 2014). De acuerdo con lo anterior, el frijol común se cultiva en zonas cálidas a partir de 650 m s. n. m. (Tofiño-Rivera, Pastrana-Vargas, Melo-Ríos, Beebe, & Tofiño-Rivera, 2016).

Otras leguminosas

El género *Vigna*, incluido en la familia de las leguminosas, es un género pantropical que comprende aproximadamente 100 especies, que se encuentran en especial en África y Asia. Nueve especies de *Vigna* han sido domesticadas: dos de estas en África y siete en Asia. La *Vigna* africana está compuesta por el caupí (*V. unguiculata* [L.] Walp.) y el maní bambara (*V. subterranea* [L.] Verdc.). El *Vigna* asiático comprende el *mung bean* (*V. radiata* [L.] Wilczek), el *blackgram* (*V. mungo* [L.] Hepper), el frijol polilla (*V. aconitifolia* [Jacq.] Maréchal), el *azuki bean* (*V. angularis* [L.] Ohwi y Ohashi), frijol de arroz (*V. umbellata* [Thunb.] Ohwi y Ohashi), *jungli bean* (*V. trilobata* [L.] Verdc.) y frijol criollo (*V. reflexo-pilosa* Hayata). Todos los *Vigna* domesticados, excepto el frijol criollo, tienen el número de cromosomas $2n = 2x = 22$. Estos cultivos están adaptados a diversas condiciones agroclimáticas y se adaptan bien a muchos sistemas de cultivo. Las semillas secas, las vainas jóvenes y los brotes de estos cultivos se consumen, mientras que las partes de la planta de los cultivos se utilizan como forraje o heno para los animales de granja. Entre estos cultivos de *Vigna*, el caupí es el más importante en términos de área de siembra (Kongjaimun et al., 2012b).

Variedades locales y mejoradas de frijol en el Caribe húmedo colombiano

De acuerdo con una encuesta semiestructurada aplicada por AGROSAVIA a 308 consumidores ubicados en las capitales de los departamentos del Caribe

húmedo, el 100 % de los hogares compraba semanalmente frijol Zaragoza, cabecita negra y habichuela corta, a razón de 1 kg. En la región Caribe, el 69 % de los consumidores son mujeres y el 31 %, hombres. Además, los consumos mayores son por parte de las personas de más edad y los bajos consumos están en los niños y jóvenes (AGROSAVIA, 2018).

La aceptación y adopción de una nueva variedad de frijol, a pesar de sus ventajas en términos agronómicos y de la calidad de grano, se sella a partir de la disponibilidad y el acceso de su semilla para los productores. Una posible alternativa, exitosa en algunas regiones de Centroamérica, es la producción de semilla a partir de sistemas regionales, conformada por asociaciones de productores y cuya productividad está sujeta a la demanda de sus asociados (Hocdé et al., 1999). Sin embargo, es necesario puntualizar que, de acuerdo con la legislación colombiana, la producción de semilla está sujeta a las reglamentaciones del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), que exige el registro de los productores una vez cumplan con ciertos lineamientos consignados en la Resolución ICA 3168 de 2015.

En la cultura gastronómica de la Provincia de Ocaña, que se extiende hasta el sur del Cesar, se referencia el ajiaco macho elaborado a partir del frijol criollo denominado billorro, que se cultiva en Río de Oro y González para autoconsumo y para los mercados locales (Norte de Santander para ver..., 1996). El frijol criollo se caracteriza por presentar semillas de tonalidad café clara o crema, en las que se aprecian algunas venas de color más oscuro; tiene forma cuadrada o arriñonada con un lado recto y tamaño pequeño, con peso de 100 semillas inferior o igual a 30 g (figura 33a).



Figura 33. Variedades de frijol. a. Variedad local, frijol billorro, Río de Oro, Cesar; b. Frijol rosado, variedad local de González, Cesar; c. Variedad local de frijol zaragoza, denominado "7 colores", Río de Oro, Cesar; d. Variedad de frijol blanco conocido localmente como "bogotano"; e. Granos de frijol blanco o bogotano en González, Cesar.

El frijol rosado zaragoza que se produce en González y Río de Oro se comercializa en Ocaña y de ahí se redistribuye a los diferentes mercados de la costa Caribe, Santa Marta, Barranquilla y Cartagena. La semilla de frijol Zaragoza es alargada, con tono rosado pálido, de tamaño mediano a grande y con peso de 100 semilla menor o levemente superior a 50 g (figura 33b). Un gran número de productores hace parte de Asociación de Municipios de la Provincia, del sur del Cesar y Catatumbo, que busca organizar la producción y la comercialización de frijol rosado en la zona (Vuelven las alianzas..., 2017). De acuerdo con las entrevistas a productores, en el mercado también se está ofreciendo un tipo de frijol rosado que presenta variación en las tonalidades de su color, lo que se conoce como “7 colores”, y que al parecer es un cultivar proveniente de Venezuela. Esta semilla se diferencia del zaragoza rosado en su forma, ya que tiene un alargado más acentuado, y en la fluctuación del color rosado homogéneo hacia una variegación de colores con tonalidades más intensas de rosado, algunas de ellas con visos café-rojizos. El tamaño es similar (figura 33c). Adicionalmente, en esta zona se evidenció el cultivo de una variedad nativa de frijol cargamanto blanco, conocido como frijol bogotano. La semilla se caracteriza por su forma redondeada, fondo blanco con estrías de color rosado brillante y tamaño mediano a grande, con peso de 100 semillas menor o igual a 60 g. Vale la pena mencionar que es notable la adaptación de este tipo de frijol de zonas frías a las condiciones del municipio de González, de 1260 m s. n. m. (figuras 33d y 33e).

Valor nutricional

La aceptación de la semilla de frijol por el consumidor colombiano es un proceso complejo en el que el color, brillo y forma determinan su adquisición en el mercado. Por tanto, caracteres como calidad culinaria, sensorial y nutritiva están supeditadas a su incorporación en materiales con caracteres externos de la semilla acordes con la tradición de consumo en las diversas regiones del país para facilitar la comercialización.

Calidad culinaria y sensorial

En el germoplasma de frijol común se han identificado diferencias en el tiempo de cocción, que están determinadas por condicionantes genéticos, asociados principalmente al contenido y a la proporción de los componentes de los tejidos de almacenamiento de los cotiledones en la semilla. Además, la interacción genotipo-ambiente juega un papel clave en el tiempo de cocción, asociados a las buenas prácticas durante la poscosecha y el almacenamiento del frijol. En México se han realizado evaluaciones para determinar la variación en el tiempo de cocción de alrededor de 50 accesiones representantes de los frijoles de mayor consumo, y se encontró que existen mayores diferencias entre tipos de frijoles respecto a las diferencias dentro de cada clase comercial, la cual presenta características específicas en tiempo de cocción que pueden diferenciarlas de otras (López, Becerra, Cano-Reyes, Zaleta, & Acosta, 1996).

La explicación de la variabilidad en la calidad nutricional del frijol se ha asociado al efecto de la localidad, en lo que respecta al contenido proteínico y del almidón; en cuanto al efecto genético asociado al tipo de variedad, este corresponde a la diversidad y proporción de los azúcares y aminoácidos que componen las macromoléculas. Sin embargo, no existe evidencia concluyente respecto al efecto de variedad-localidad en la aceptación sensorial de los frijoles, a pesar de la variación porcentual en proteína, sacarosa y aminoácidos como ácido cítrico y ácido málico, detectado entre localidades (Flórez et al., 2009).

Calidad y contenido nutricional del frijol *Phaseolus vulgaris* L.

La calidad de la semilla de frijol común se entiende como el conjunto de características químicas y físicas relacionadas con el valor nutritivo, sanitario, industrial y comercial. La calidad integral del frijol puede afectarse por variables como contenido de proteínas totales, fibra, almidones, micronutrientes, capacidad de absorción de agua, factores antinutricionales, tiempo de cocción, y a nivel poscosecha, por las condiciones y el tiempo de almacenamiento (Mederos, 2006).

Los frijoles contribuyen a la prevención y al tratamiento de enfermedades no transmisibles (ENT), como las enfermedades cardiovasculares, la diabetes y el cáncer, debido a su aporte de micronutrientes (magnesio, hierro, zinc) y a su alto contenido de fibra, aminoácidos azufrados, taninos, fitoestrógenos y aminoácidos no esenciales. Respecto al cáncer, el ácido fólico de la semilla reduce el riesgo de desarrollar la enfermedad, especialmente en colon y mamas, gracias a su efecto antioxidante. La menor digestibilidad de la proteína del frijol contribuye a la prevención de la osteoporosis, lo cual es derivado de la menor producción de iones hidrógeno durante la hidrólisis de los aminoácidos respecto a la proteína de la carne. Por tanto, la menor digestibilidad del frijol mejora la retención relativa de calcio en el sistema óseo. Además, el consumo diario de frijoles disminuye la concentración del colesterol sérico.

Asimismo, el efecto cardioprotector del frijol reduce el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares, pues está relacionado con el conjunto de características de la semilla de frijol como contenido y tipo de fibra soluble, proporción y cantidad de aminoácidos, cantidad de oligosacáridos no digestibles, isoflavonas, fosfolípidos, ácidos grasos, fitoesteroles, saponinas, contenido en ácido fólico, tiamina y niacina, y vitaminas que reducen los niveles de homocisteína sérica. Estudios recientes indican que los factores antinutricionales presentes en la semilla de frijol tienen funciones en la promoción de la salud o tratamiento de algunas enfermedades, como los inhibidores de tripsina (protección contra el rotavirus, inhibición de la carcinogénesis y acción quimio protectante), taninos (agentes antioxidantes, anticancerígenos y antimutágenos) y lectinas (disminución del crecimiento de linfomas no-Hodgking y actividad en el diagnóstico precoz del cáncer) (Luzardo, 2016; Mederos, 2006; Morón, Carmona, Ávila, Hernández, & Infante, 2017).

El frijol común contiene un perfil proteínico de los más completos de la naturaleza. En México, se han realizado diferentes trabajos de caracterización del contenido de proteína y su perfil de aminoácidos. Un ejemplo de ello es la evaluación de cuatro variedades, en la cual se identificó un cambio en contenido de proteína entre 23 y 27 %. También se identificó que existe diferenciación acorde con la variedad en el contenido de L-metionina y L-triptófano (Jacinto Hernández, Carrillo Castañeda, & Campos Escudero, 1996).

La variación del contenido nutricional en dependencia a la variedad de frijol también evidenció deficiencia en el contenido de aminoácidos azufrados como metionina y cisteína en la proteína de frijol. Una vez cocida la semilla, se alcanza una calidad del 70 % respecto a la proteína animal, y el contenido final disponible para el consumidor a partir de este porcentaje depende de la variedad empleada, cuyo contenido de proteína en el grano puede fluctuar entre 14 % y 33 % (Ulloa, Rosas, Ramírez, & Ulloa, 2011). En este sentido, al evaluar la calidad de proteína de frijol para humanos adultos, a través del método de balance nitrogenado de corto tiempo, se determinó que son necesarios 0,9 a 1,0 g de proteína de frijol/kg/día para que los individuos estén en balance, y para una población se recomendaría una ingestión de 1,2 a 1,3 g de proteína/día de las variedades de frijol común estudiadas (Mederos, 2006).

Se han dado varios porcentajes para el contenido de nitrógeno de los frijoles cultivados en América Latina: 3,18 % en México; 3,94 % en América central, y 4 % en Venezuela. Las muestras varían entre sí de 5,1 % a 11,1 % en contenido de humedad al ser recibidas, con un promedio de 8 %. Las cantidades de nitrógeno, niacina y triptófano, calculadas sobre la base de 10 % de humedad, muestran variación en nitrógeno de 2,92 % a 3,64 %; esto representa una fluctuación con el contenido de proteínas de 18,3 a 22,8 g de proteína si se emplea el factor de conversión (6,25) recomendado por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). El promedio de 3,25 % de nitrógeno equivale aproximadamente a 20,3 % de proteína; en este, en 75 g de grano el requerimiento de triptófano para un adulto se suple entre 40 % y 56 %, y el de niacina fluctúa entre 2,14 y 2,53 mg/100 g. Sin embargo, algunos frijoles biofortificados evaluados en Caribe húmedo mostraron 4,5 % de nitrógeno, lo que evidencia un contenido de proteínas de 28,3 g (Bressani, Méndez, & Scrimshaw, 1960; Corpoica, 2014).

Por otro lado, se ha demostrado que en el frijol común el incremento de hierro en la semilla es dependiente de la fertilización con fósforo. En este sentido, sin fertilización fosfórica los frijoles arbustivos de la colección colombiana fluctuaron entre 34 y 78 ppm, mientras que los tratamientos con alto fósforo para las mismas variedades fluctuaron entre 32 y 85 ppm (Astudillo & Blair, 2008) (tabla 3). Sin

embargo, en el Caribe húmedo (Cereté, Carmen de Bolívar) las evaluaciones de frijoles biofortificados alcanzaron 95 ppm de hierro (Corpoica, 2014).

Tabla 3. Nutrientes y energía contenidos en 100 gramos de frijol crudo

Energía	333 kcal	Zinc	2,79 mg
Proteína	23 g	Cobre	0,7 mg
Grasa	1,3 g	Manganeso	1,11 mg
Carbohidratos	54,6 g	Tiamina	0,43 mg
Fibra	10,4 g	Riboflavina	0,12 mg
Calcio	100 mg	Niacina	1,9 mg
Fósforo	430 mg	Acido pantoténico	0,78 mg
Sodio	12 mg	Vitamina B6	0,4 mg
Potasio	1359 mg	Ácido fólico	3,94 mg
Hierro	7,1 mg	Ácido ascórbico	3.0 mg

Fuente: Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF) y FAO (s.f.)

Tecnología local de producción y recomendaciones de manejo

El objetivo de esta sección es describir las tecnologías y las prácticas de manejo de los cultivos, relacionados como frijoles a nivel local, teniendo como base la documentación de las experiencias de sus productores, y generar un diagnóstico que será la base para la formulación de estrategias de mejoramiento de la productividad y de la reducción de los costos de producción (Alvarado Gaona & Ochoa, 2010; Valderrama, Ñustez, & Duarte, 1997b). Se presentan también las experiencias de los productores y se revisan las consideraciones tecnológicas registradas para cada sistema productivo que está en evaluación.

En el frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) se ha evidenciado variabilidad en la fenología en dependencia del hábito de crecimiento, el estrés ambiental, la tipología de suelo y el genotipo. Uno de los factores ambientales de mayor efecto sobre la fenología es la calidad de la luz y un ejemplo de esto es el cambio en la arquitectura de la planta y la acumulación de materia seca en el frijol, debido a la competencia por luz en los sistemas en asocio frijol-maíz. En general, el frijol común es una especie de días cortos y los cambios en el fotoperiodo afectan el alcance de la floración y la maduración de la cosecha, así como las horas adicionales de luz retardan la cosecha y la maduración del grano; sin embargo, la susceptibilidad al fotoperiodo también es específica de la variedad.

La fenología, el rendimiento y la calidad nutricional del frijol común varían en función del clima que se presente durante el ciclo del cultivo. El rendimiento se ha correlacionado con la acumulación de unidades calor (UC), la evapotranspiración (ETc) y la radiación fotosintéticamente activa (RFA) (Salinas Ramírez, Escalante Estrada, Rodríguez González, & Sosa Montes, 2008). En este sentido, la época de cosecha afecta el rendimiento de grano. En Nicaragua, el rendimiento que presentó el frijol común en asocio con café fue mayor en las épocas de primera (612,19 y 463,42 kg/ha) que en postrera (425,91 y 239,12 kg/ha), y hubo un mayor promedio en 1991 (710 kg/ha) respecto a 1992 (406,1 kg/ha). En las épocas de primera se dieron los mayores rendimientos, pero se tuvo el inconveniente de coincidir esa época con periodos húmedos. Bajo estas condiciones, las pudriciones de las vainas y la germinación del grano en el campo producen pérdidas considerables, lo cual disminuye la calidad del grano debido a la mayor incidencia de enfermedades; sin embargo, los agricultores efectúan siembras de poca extensión con el fin de obtener semillas frescas para la siembra de postrera (Blanco, Corrales, Cheves, & Campos, 1995).

El frijol es susceptible a diferentes estreses abióticos, dado que una condición persistente de encharcamiento del suelo ocasiona clorosis foliar y deficiencia inducida de zinc. Por otro lado, la temperatura elevada, el estrés osmótico y las heladas producen el marchitamiento del brote, quemazón foliar e inclusive la muerte del vegetal. Así mismo, los vientos veloces y las partículas del suelo que este arrastra, al igual que las heladas, ocasionan la ruptura y abrasión del tejido foliar (Rosas, 2011). En el Salvador, se evaluó el efecto de las condiciones

atmosféricas sobre la fenología del frijol en las variedades rojo seda y APN83, y se relacionaron las unidades de calor a partir de una temperatura base con los días de duración de cada etapa fenológica (Ventura, 1991).

Análisis de suelo y preparación del terreno

El análisis químico de suelo permite conocer los requerimientos de enmiendas para la corrección de acidez, salinidad y sodicidad, entre otros, y de fertilizantes. El análisis físico nos orienta sobre la forma como debemos preparar el suelo y el tipo de riego más adecuado para obtener mejores rendimientos. Uno de los factores que mayor incidencia tiene en la calidad del resultado es la toma de la muestra: cantidad inadecuada de submuestras, uso de herramientas contaminadas, empaques contaminados con sales, entre otros (Corpoica, 2013).

De los cultivadores de frijol rosado que fueron encuestados, el 70,21 % prepara el suelo para la siembra de forma manual; el 21,18 %, con maquinaria, y el 8,51 % no lo prepara y realiza siembra directa (figura 34). Sin embargo, en otros trabajos realizados por AGROSAVIA, en el caso de las áreas de la sabana la mecanización del suelo es la práctica más extendida en la que se siembra habichuela y caupí, y es difundida entre el 50 % de los productores, mientras que el 29 % aplica preparación manual y el 21 %, mínima labranza (AGROSAVIA, 2018).

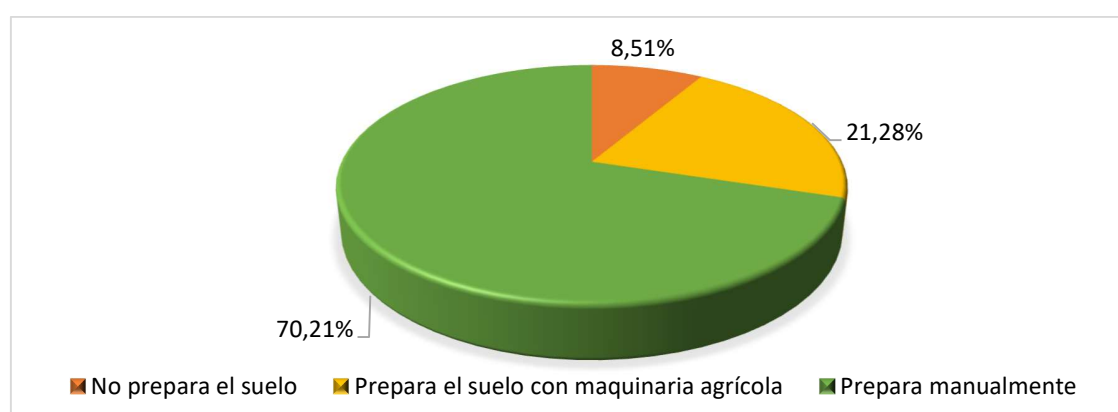


Figura 34. Preparación del terreno para la siembra de frijol en Caribe húmedo.

Fuente: Elaboración propia

Toma adecuada de la muestra

Corpoica (2013), ha generado una serie de recomendaciones para la toma adecuada de la muestra:

- Las muestras deben venir identificadas, de acuerdo con el formato de solicitud; preferiblemente debe llegar en doble bolsa con el formulario diligenciado en medio de las dos bolsas. De esta manera, la información se conserva, no se borra, ni se destruye por efecto de la humedad.
- En general, las muestras tienen que ser transportadas de tal forma que se minimicen los cambios en el contenido del agua del suelo; además, es importante prevenir las condiciones ambientales extremas, el suelo debe mantenerse lo más fresco posible, evitar la exposición a la luz durante periodos prolongados y la compactación física.
- Se recomienda tomar una muestra compuesta por 10 a 25 submuestras por hectárea, dependiendo de la heterogeneidad del terreno (color, textura, relieve, manejo agronómico); puede aumentar o disminuir la intensidad del muestreo. Hay que tener en cuenta que entre mayor sea el número de muestras que se tome en un área, menor variabilidad se conseguirá y la muestra será, por lo tanto, más representativa.
- Se recomienda la toma de muestras de suelo entre 2 y 3 meses antes de siembra, procurando que la época climática sea la más frecuente de la zona, y evitar la toma en épocas de exceso de lluvia o sequía.
- Hay que considerar las siguientes recomendaciones, pues son un factor importante de contaminación:
 - No tomar muestras cerca de saladeros, albercas, casas, cercas, caminos, ya que son un factor de contaminación con fuentes orgánicas, calcáreas, entre otros.
 - No fume cuando esté tomando, mezclando o empacando la muestra.
 - Preferiblemente, realice el proceso de toma de muestras mezclado, empaque y embalaje con guantes; si esto no es posible, usar entonces un pañuelo para secar el exceso de sudoración cuando se estén tomando las muestras. Previo al momento de mezclar las submuestras, las manos hay que lavarlas y secarlas para quitar la sudoración.
 - No utilizar implementos oxidados o sucios, por ejemplo, con cal o estiércol. No emplear bolsas que hayan sido utilizadas para empacar abonos, sales, cales, alimentos concentrados, entre otros, que puedan contaminar la muestra. Preferiblemente usar bolsa nueva.

Tipos de recorrido

Para que la muestra represente de manera adecuada el terreno, es importante definir el tipo de recorrido que más se adapte a las condiciones y evitar que queden grandes áreas sin muestrear. Los recorridos más comunes son: zigzag, zeta o equis; sin embargo, se puede realizar cualquier recorrido, siempre y cuando se haga explorando muy bien el lote para que las muestras que se tomen sean representativas (AGROSAVIA, 2018) (figura 35).

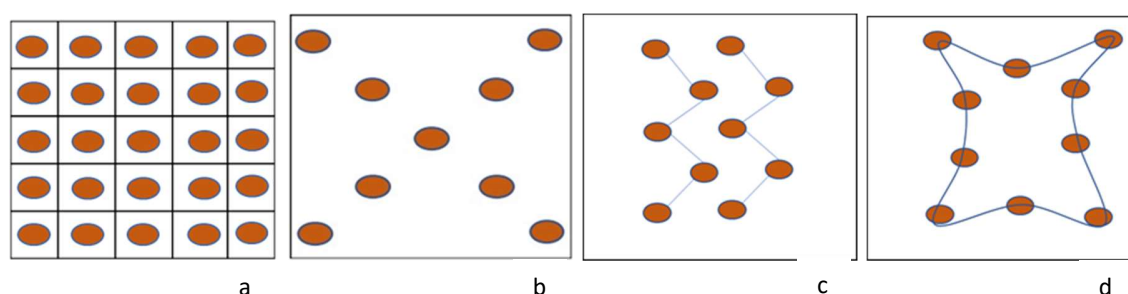


Figura 35. Tipos de recorrido para toma de muestras de suelo. a. Cuadrícula; b. Diagonal; c. Zigzag; d. Sinuosa.

Fuente: Elaboración propia, a partir de Bolsa de Comercio de Rosario Córdoba (s.f.)

En el caso de los productores que siembran frijol común en el sur del Cesar, estos manifiestan preparar el terreno una vez al año o cada seis meses figura 36).



Foto: Yanine Rozo L.

Figura 36. Preparación del terreno para la siembra de frijol común.

Cuando la tiene tiempo de no ararse, que este muy apretada, que este en rastrojo, que este así con maleza, entonces se ara la tierra, pero cuando duramos así... la aramos cada año, cada 6 meses aramos la tierra, y pues cuando se ara pues se le echa gallinaza, o sea abono orgánico, o lo que llaman boñiga, abono calentano le llaman otros y se prepara vuelve y se retovea la tierra, y se hace la siembra.⁴

Requerimientos edáficos

La fertilidad del suelo se relaciona con la capacidad de suministro de nutrientes esenciales para los cultivos, niveles no tóxicos de elementos y propiedades fisicoquímicas y biológicas, que de cierta forma limitan el rendimiento del agroecosistema. Esta fertilidad es el resultado de múltiples propiedades del suelo que interaccionan constantemente con la planta y el medio ambiente. No obstante, existe un conjunto de circunstancias tecnológicas y económicas que repercuten gravemente sobre el suelo, y que ponen en peligro el desarrollo sustentable de las regiones cultivadas, debido a bajos rendimientos asociados a deficiencias de nutrientes y ataque por enfermedades (Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional [USAID], 2007)

Hay varios trabajos que hablan acerca de las necesidades nutricionales de los frijoles arbustivos bajo condiciones del trópico; sin embargo, es necesario obtener información detallada a nivel local que refleje la reacción específica del frijol en cada condición particular (Flor, 1985). En los lotes de multiplicación de semilla y pruebas agronómicas se utilizan como fuentes de nutrientes los fertilizantes sulfato de amonio y fosfato diamónico (DAP) y cloruro de potasio (KCL); para elementos menores, un fertilizante 8-5-0-6- enriquecido con azufre 1,6 %, cobré 0,14 %, boro 1,0 %, molibdeno 0,005 % y zinc 2,5 %.

AGROSAVIA (2018) afirma que, en cuanto a la realización de análisis de suelos, esta no está extendida, si se tiene en cuenta que más del 85 % de la muestra encuestada afirma no realizar esta práctica, lo que significa que la fertilización se realiza sin ningún referente técnico.

⁴ Productor de frijol común, de la vereda Los Baos, del municipio de Río de Oro, Cesar.

Siembra

El frijol zaragoza aparece en monocultivo en 45 % de los predios, 45 % en policultivo; 5 % practica la rotación y otro 5 % aplica monocultivo y rotación (Martínez, 2013). Las fechas de siembra son heterogéneas, pero guardan relación con el inicio de la época de lluvia o con la disponibilidad de agua de lluvia para los tres tipos de frijol. Respecto a la duración de los cultivos, el frijol común tipo zaragoza es el que presenta la mayor duración, con 117 días; luego está el frijol caupí, con 86 días, y por último la habichuela larga, con un ciclo de 80 días (AGROSAVIA, 2018). El frijol común se puede sembrar de varias maneras: una es asociada generalmente con maíz o café (figura 37a); la otra es el monocultivo, en la cual la distancia de siembra oscila entre los 40 y 60 cm (figura 37b).



Fotos: Yanine Rozo L.

Figura 37. Sistemas de siembra de frijol. a. Sistemas de siembra de frijol en asocio con café y maíz. Manaure, Cesar; b. Sistema de siembra en monocultivo de frijol zaragoza en Río de Oro, Cesar; c. Sistema de siembra en monocultivo, camas de tres hileras; d. Sistema de siembra en eras de cuatro plantas por cada una.

Algunas sustancias presentes en el agroecosistema pueden ejercer efectos sobre la germinación de las semillas y el desarrollo del frijol. De acuerdo con investigaciones realizadas por la Universidad del Atlántico, los estrógenos naturales como el valerato de estradiol pueden alterar la germinación y el crecimiento del frijol común y el maíz (Beleño, Galindo, & Soto, 1986). Por otro lado, respecto a los sistemas tradicionales de siembra, durante una de las visitas a predios un productor explicó la realización de la actividad así: "Si la tierra está bien abonada se siembra a 50, 60... se echan 2,3 por sitio."⁵

El tercer sistema de siembra se realiza en camas que pueden ser de 1 m y tres plantas por cama o de 1,2 m (figura 37c) y cuatro plantas (figura 37d). Los productores afirman que este método de siembra optimiza las labores de fertilización y aplicación de fungicidas y plaguicidas, sobre todo en predios con áreas muy extensas.

Fertilización

Se registra que el 76 % de los productores utiliza fertilizante químico para el frijol zaragoza y el 24 % usa una mayor diversidad de fertilizantes químicos y abono orgánico como urea, boro, triple 15, fertilizante con macro y micro-nutrientes y lombricompost (AGROSAVIA, 2018). La planta del frijol zaragoza es de ciclo vegetativo corto, que extrae del suelo nutrientes en cantidades relativamente altas de nitrógeno y potasio, medianas de calcio, azufre, magnesio y bajas en fósforo, con la siguiente secuencia: N> K> Ca> S> Mg> P (Ríos-Betancour & Quirós-Dávila, 2002) (tabla 4).

Tabla 4. Extracción de minerales por la planta de frijol

Contenido de cada elemento en madurez de cosecha	Kg/ha					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Legumbre	32	4	22	4	4	10
Brote	65	5	71	50	14	15
Planta completa	97	9	93	54	18	25

Fuente: Basado en Flor (1985)

⁵ Productor de frijol común, de la vereda Los Baos, del municipio de Río de Oro, Cesar.

Los productores realizan fertilización durante los días posteriores a la siembra, según el saber tradicional sobre los requerimientos de la planta y del clima. Al respecto, en una de las visitas a los predios, un productor explicó los resultados del taller de consenso en lo referente al modo como llevan a cabo la fertilización química, así:

[...] y después de la siembra, pues ya a lo que esté por ahí de 20 días, 25 días, pues uno le aplica su fertilizante, sea urea o 10-30.10, o cualquier, eso según el clima también, porque a veces cuando el clima está muy caliente es mejor la urea porque dicen los agrónomos que tiene mucha humedad.⁶

¿Cuándo cuánto y cómo fertiliza fueron unas de las preguntas que se les hicieron a los productores que se visitaron?

[...] a los 20, 25 días, a veces si el tiempo está a veces, cuando el tiempo está muy inviernos a veces se le echa otra, otra abonadita por ahí a los 40 días porque a veces cuando el tiempo está muy inviernos entonces se lava mucho la tierra porque llueve mucho entonces..., entonces se le echa por ahí a los 40 días otra abonadita.

[...] siempre nosotros le echamos es voleadito, tiradito.

[...] o sea que a una ha de tierra nosotros le estamos echando 10 a 12 bultos de urea (agro café) o cualquiera de esos químicos.⁷

Teniendo en cuenta lo anterior, a los agricultores se les recomienda hacer análisis de suelo dos o tres semanas antes de la siembra y por lo menos una vez cada dos años; además, se les sugiere llevar un programa fraccionado de fertilización a los 15, 30 y 45 días después de emergencia (dde), establecer la simbiosis con *Rhizobium* u otros organismos fijadores de nitrógeno atmosférico para los mejores rendimientos y aprovechar los residuos de cosecha por medio del compostaje para obtener abono orgánico (Ariaset al., 2007).

⁶ Productor de frijol común, de la vereda Los Baos, del municipio de Río de Oro, Cesar.

⁷ Productor de frijol común, de la vereda Los Baos, del municipio de Río de Oro, Cesar.

Riego

El acceso al agua para riego permite ampliar el área de producción agrícola, obtener mejores y mayores rendimientos por unidad de área, mayor demanda de mano de obra o generación de empleo y aplicación de nuevas tecnologías, y esto redunda en una mayor competitividad (Lozano-Espitia & Restrepo-Salazar, 2016). Al hacer una revisión sobre los atributos del riego en las tierras con vocación agrícola, se evidencia que el 40 % de los alimentos producidos a nivel mundial son generados en zonas que cuentan con riego en solo el 17 % de suelo cultivable; es decir, el rendimiento en estas áreas que cuentan con sistemas de riego excede de manera importante a las zonas con las que no cuentan con riego (Lozano-Espitia & Restrepo-Salazar, 2016).

Respecto a las principales fuentes de agua para el riego, los productores manifiestan que las toman de quebradas, ríos o arroyos (43,75 %); de lagunas, lagos o reservorios (29,69 %) (figura 38); de las temporadas de lluvia (21,88 %), y solo el 1,56 % afirma tener acceso a un distrito de riego (figura 39). Los sistemas de riego más utilizados por los productores que tienen acceso a este recurso son riego por aspersión (figura 40a) y por goteo (figura 40b).



Foto: Yanine Rozo L.

Figura 38. Reservorio en lote de frijol en Cesar.

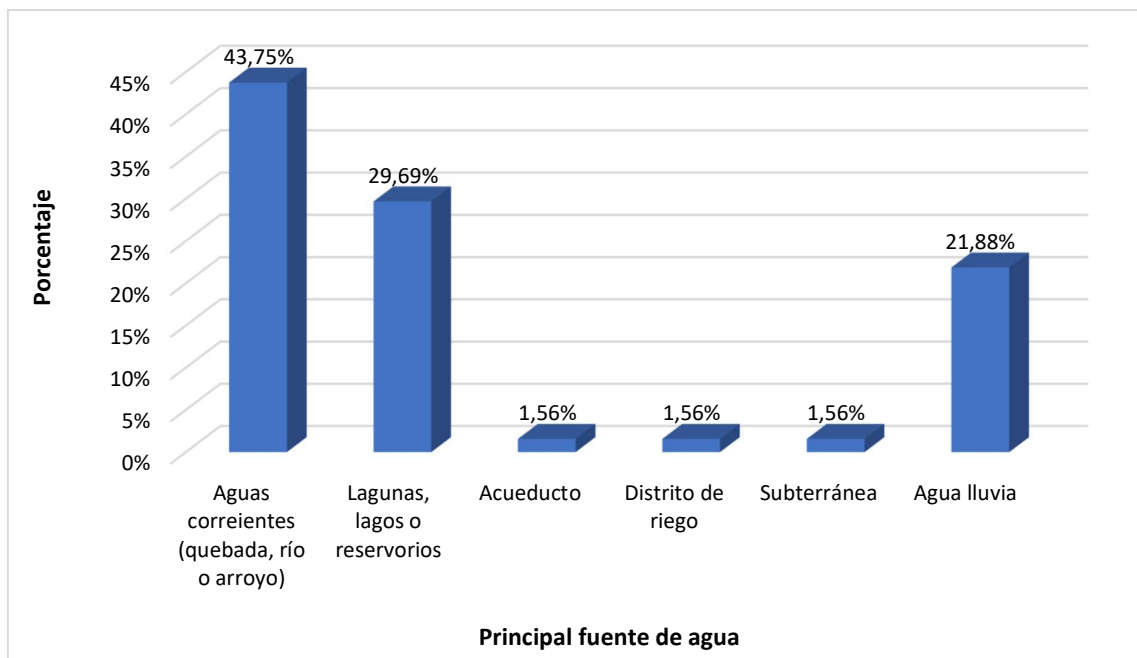


Figura 39. Principal fuente de agua para riego en el cultivo de frijol común.
Fuente: Elaboración propia



Fotos: Yanine Rozo L.

Figura 40. Sistemas de riego. a. Sistema de riego por aspersión, Río de Oro, Cesar; b. Sistema de riego por goteo, Manaure, Cesar.

Con relación al costo que tiene la implementación de riego para el cultivo de frijol, la respuesta que se obtuvo por parte de un productor de la zona, que cuenta con más de 15 años de experiencia en el cultivo de frijol, es la siguiente: "[...] me parece a mí si no estoy equivocado hace como unos 6 o 7 años salió

como que por 8 o 9 millones de pesos..., para la ha".⁸ Luego, frente a la pregunta ¿qué cambia?, respondió: "Los surtidores cuando se dañan, por ahí cuando los tiene uno al suelo se parten, los cambia uno, cuando se gasta y ya no trabaja, entonces se cambia".⁹

¿La manguera se cambia? "Hasta el presente no se ha cambiado nada, porque están buenas todavía, uno las trata bien, ellas mantienen..., como mantienen bajo sombra y con agua y pues son un material bueno".¹⁰

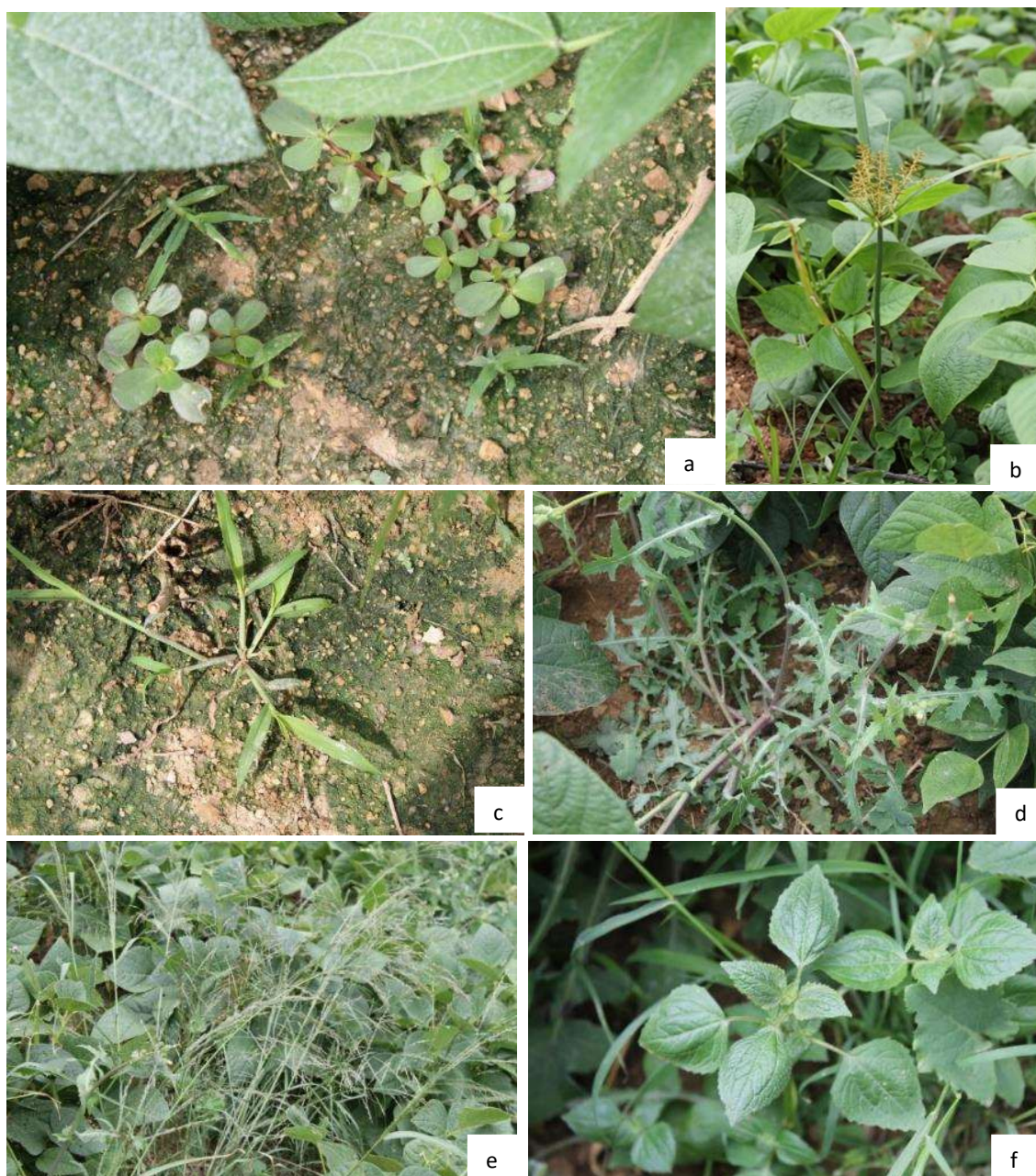
Malezas

En cuanto al frijol común, en los talleres de consenso se encontró que el 68 % de los productores realiza control químico y manual combinado; el 20 % manual, y el 12 %, químico exclusivo. Las arvenses predominantes en los municipios visitados en los departamentos del Caribe húmedo son similares en el cultivo de caupí y frijol; se registran principalmente escobilla (*Sida rhombifolia*), dormidera (*Mimosa pudica*) y guarda rocío (*Digitaria sanguinalis* [L.] Scop); mientras que en habichuela larga predominan batatilla (*Ipomoea quinquefolia* L.) y gramalote (*Echinochloa crus-galli* [L.] Kunth) (AGROSAVIA, 2018) (figura 41).

⁸ Productor de frijol común, de la vereda Los Baos, del municipio de Río de Oro, Cesar.

⁹ Productor de frijol común, de la vereda Los Baos, del municipio de Río de Oro, Cesar.

¹⁰ Productor de frijol común, de la vereda Los Baos, del municipio de Río de Oro, Cesar.



Continúa figura 41

Continuación figura 41

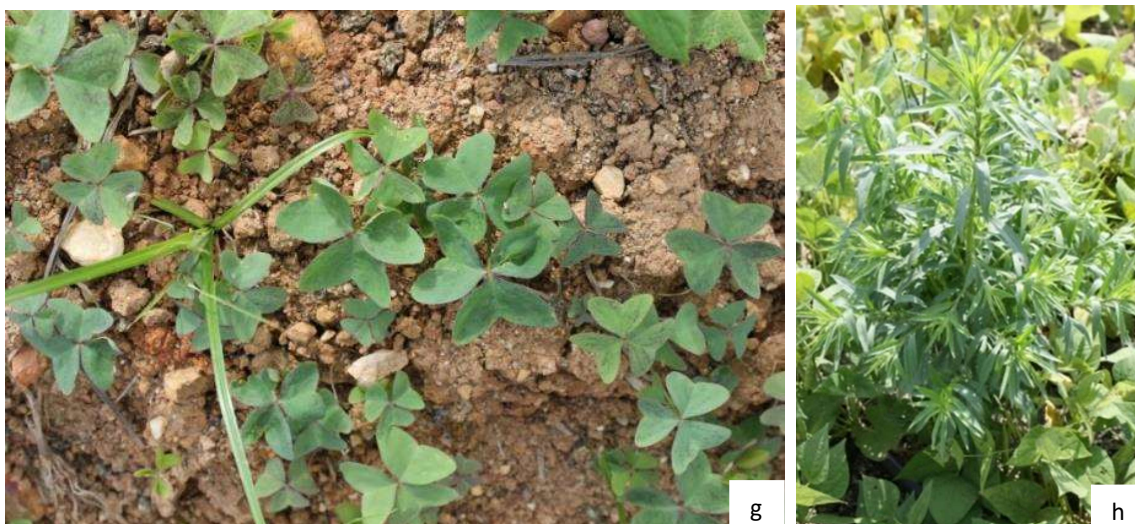


Foto: Yanine Rozo L.

Figura 41. Malezas que afectan al frijol. a. Verdolaga (*Portulaca oleracea*) en cultivo de frijol en Río de Oro, Cesar; b. Pasto coquito (*Cyperus rotundus*) en cultivo de frijol, González, Cesar; c. Pasto sabanero (*Andropogon gayanus*) en Río de Oro, Cesar; d. Cerraja (*Sonchus oleraceus*) en Río de Oro, Cesar; e. Pluma de garza (*Digitaria sanguinalis*) en Río de Oro, Cesar; f. Pega pega o toporopo (*Phisalis angulata*) en cultivo de frijol Zaragoza en Río de Oro, Cesar; g. Trébol (*Trifolium repens*) en cultivo de frijol de Río de Oro Cesar; h. Marihuano macho (*Parthenium hysterophorus* L.) en cultivo de frijol en González, Cesar.

Respecto al control de malezas, los productores emplean, principalmente, para el frijol común herbicidas, posterior a la preparación del terreno y antes de la siembra:

Si es para frijol se aplica glifosol y gramoxone..., a veces cuando uno ve que la tierra está muy enmalezada entonces se aplica flex con h1, pero entonces no es recomendable porque eso afecta mucho el terreno, la tierra para otro cultivo que uno vaya a sembrar uno después demora tiempo, eso demora mucho tiempo —dicen los agrónomos, no sé—, dicen que dura hasta un año haciendo efecto en la tierra, entonces no es recomendable mucho.¹¹

¹¹ Productor de frijol común, de la vereda Los Baos, del municipio de Río de Oro, Cesar.

¿Desde su experiencia, algún herbicida afecta la germinación?

Por lo menos lo que es el glifosol cuando se aplica, así reciente que se aplique y se siembre, siempre le da como por dormirse mucho la mata, lo que es “recomedao” “recomendao” es el gramoxone, que ese sí no hace daño nada, lo puede aplicar uno hasta a veces hasta este ya naciendo que no...¹²

¿Después de los 25 días de siembra, hace aplicación de otros herbicidas?

No, ya no se aplica más, ya la hierba, ya a los 20, 25 días y ya lo dejan uno quiero, eso ya se deja quiero, si nace hierbita así que se sobre sale uno la arranca, así como para prevenir la semilla que siembra”¹³.

Principales plagas que afectan el cultivo de frijol

En los talleres realizados, el 88 % de los productores afirmó que utiliza productos químicos para el control de plagas; el 10 %, extractos vegetales, y el 2 % productos biológicos y químicos.

Trips

Estos insectos por lo general se localizan en las hojas, flores y puntos de crecimiento de las plantas (brotes). Dentro de las especies de trips conocidas, el *Thrips palmi* es el más común como plaga del frijol y de otros cultivos importantes en Colombia (Arias et al., 2007). Las larvas se encuentran en el envés de las hojas más viejas y los adultos, en el haz de las hojas jóvenes, donde se alimentan usando su aparato bucal picador-raspador; raspan la epidermis de las hojas y producen deformaciones y cambios de color en el área foliar, la cual se torna de un color plateado; posteriormente, muere el tejido (Guarín, 2003). También son considerados como transmisores de enfermedades virales en frijol y otros cultivos hortícolas.

¹² Productor de frijol común, de la vereda Los Baos, del municipio de Río de Oro, Cesar.

¹³ Productor de frijol común, de la vereda Los Baos, del municipio de Río de Oro, Cesar.

El umbral económico para este tipo de plagas está en una incidencia de siete adultos por foliolo para frijoles volubles, por lo que se recomienda realizar muestreos o monitoreos con trampas amarillas de agua o pegajosas para su detección oportuna en el cultivo, por lo menos una vez por semana, como medida preventiva (Arias et al., 2007).

Un manejo efectivo de los trips debe partir de una buena preparación del suelo, la eliminación de plantas que sean posibles hospederas y de residuos de cosecha, así como la rotación del cultivo. El uso de agroquímicos debe hacerse preferiblemente solo cuando sea necesario (alta incidencia del insecto). En estos casos, las aplicaciones deben realizarse en el envés de las hojas. Se recomienda el uso de productos a base de imidacloprid como alternativa de menor impacto ambiental, cuyas dosis sugeridas comercialmente son de 0,1 hasta 0,15 litros por hectárea (Bueno & Cardona, 2004; Garcés, Lomas, & Peralta, 2008).

Por otra parte, como alternativa de manejo, se ha documentado el uso de artrópodos de las familias Chrysopidae (*Chrisoperla asoralis*), vulgarmente conocidos como crisopa, y Anthocoridae (*Orius* sp.) como controladores biológicos, que ayudan a reducir las poblaciones de *Thrips palmi*. Estos organismos son producidos a nivel comercial y están disponibles para los agricultores para el control de plagas. En el país existen diversidad de laboratorios que los producen con éxito, principalmente en Medellín, Bogotá y Cali (Arias et al., 2007).

Babosas

Vaginulus plebeius, *Limas maximus* y *Deroceras agreste*, pertenecientes a la familia Limacidae, constituyen las especies de babosas que han sido mayormente registradas como plagas del cultivo de frijol (figura 42) (Arias et al., 2007). Estas consumen las hojas de las plantas, incluyendo o no las nervaduras, dependiendo de su estado de crecimiento (juvenil o adulto). En algunos casos, incluso, pueden consumir plántulas completas y afectar las vainas (Arias et al., 2007).

En especial, el daño sobre los cultivos se observa sobre las zonas más externas del lote de cultivo, pero se pueden movilizar hacia el interior, en especial cuando persisten las condiciones favorables para su supervivencia, como la presencia

de residuos de malezas o del cultivo que le proporcionan albergue (Centro Internacional de Agricultura Tropical [CIAT], 1980) (figura 42).



Foto: Yanine Rozo L.

Figura 42. Babosas en cultivo de frijol, Manaure, Cesar.

Para un efectivo control de esta plaga, es importante erradicar las malezas y residuos vegetales del cultivo, y si el número de babosas supera el nivel crítico, es decir, una babosa por metro cuadrado, se recomienda la utilización de cebos envenenados con formulaciones químicas o artesanales; por ejemplo, aplicar té de ajeno con sal y jabón coco. Reducir la humedad y utilizar materia orgánica compostada también puede favorecer el control de babosas (Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional [USAID], 2007).

Otras alternativas de control incluyen la utilización de cal viva o sal común, aplicándolas alrededor del cultivo, y poner ceniza de leña sobre costales húmedos. Algunos fertilizantes como el sulfato de potasio, nitrato de potasio y nitrato de calcio también ayudan a controlar la incidencia de las babosas (Ríos-Betancour, Quirós-Dávila, & Arias, 2003).

Tortuguilla (*Diabrotica*)

Existen varias especies de *Diabrotica* que se alimentan de la planta de frijol. Sin embargo, *D. balteata* constituye la especie de mayor importancia para este cultivo (CIAT, 1980). Los adultos son cucarrones pequeños de diversos colores

(figura 43) que se alimentan de follaje, flores y vainas del frijol, y por esto causan una reducción de la actividad fotosintética de la planta, debido a las pequeñas perforaciones circulares u ovaladas que generan (Arias et al., 2007).



Foto: Yanine Rozo L.

Figura 43. *Diabrotica* en cultivo de frijol, Manaure, Cesar.

Su ataque es de mayor importancia económica cuando se da en las etapas iniciales del cultivo, es decir, en las primeras semanas pos-siembra, pero también es posible que se den durante el proceso de floración, aunque en menor medida. Las raíces, igualmente, pueden verse afectadas por las larvas de este coleóptero, lo que lleva a una reducción en la tasa de fijación biológica de nitrógeno atmosférico, toda vez que es en este órgano donde se forman los nódulos producidos por la asociación con rizobios (figura 44) (Arias et al., 2007).



Foto: Yanine Rozo L.

Figura 44. Daño causado por *Diabrotica* en cultivo de frijol, González, Cesar.

Una buena preparación del terreno rompe el ciclo biológico del insecto, y esto reduce las poblaciones de la plaga en las primeras etapas del cultivo. La eliminación de las malezas hospederas, especialmente gramíneas, al igual que las malezas que sirven de refugios también constituyen una estrategia viable. Como control biológico, se puede contemplar el uso de parasitoides (Díptera: Tachinidae) y depredadores naturales (chinchas asesinas, hormigas, arañas y otros). Los enemigos naturales ayudan a reducir la población de la plaga.

Mosca blanca palometa (*Bemisia tabaci*)

Este hemíptero sobrevive en el envés de las hojas, y así se protege de la radiación solar y de otros factores desfavorables para su desarrollo. Genera una afectación en el follaje al succionar la savia, lo cual se evidencia a través de un amarillamiento, defoliación y muerte de la planta. Adicionalmente, este insecto puede transmitir enfermedades virales como el virus del mosaico dorado del frijol. De igual forma, como resultado de la secreción por el insecto de sustancias ricas en carbohidratos, se favorece el desarrollo de microorganismos fúngicos fitopatógenos asociados con el desarrollo de la enfermedad conocida vulgarmente como fumagina, que puede —según su severidad— afectar de manera drástica la actividad fotosintética de las plantas (figura 45) (Arias et al., 2007).



Foto: Yanine Rozo L.

Figura 45. Mosca blanca o palometa en cultivo de frijol en Río de Oro, Cesar.

En vista de que la mosca blanca es una plaga de difícil control, es fundamental la implementación conjunta de diversas estrategias, con el fin de reducir el ataque del insecto y la transmisión de virus y otros agentes causales de enfermedades. Esas estrategias incluyen la utilización de barreras vivas de maíz o sorgo, ubicadas alrededor del cultivo en sentido perpendicular a la dirección del viento; la erradicación de las malezas hospederas de la plaga dentro y alrededor del cultivo; el uso de extractos acuosos o aceite de Nim en dosis de 450 a 600 g por bomba de cuatro galones de agua, y la implementación de un buen esquema de fertilización. El control químico no es indispensable en el manejo de este tipo de plagas, pero eventualmente podría usarse, de ser necesario, cuando el umbral de acción esté por encima del 30 %, es decir, cuando el área foliar de las plantas esté afectada en un 30 % o más con ninfas de mosca blanca. En este caso, y como complemento a las demás estrategias de control, se sugiere aplicar productos como imidacloprid foliar (Escoto, 2011) (figura 45).

Chiza, mojoy (*Phyllophaga obsoleta*, *Ancognatha scarabaeoides*)

Varias especies de chizas atacan el frijol. Las más comunes son *Phyllophaga obsoleta*, *Cyclocephala* sp., *Ancognata* sp., *Anomala* sp., *Plectris* sp., y *Macroductylus* sp., las cuales en su estado larval atacan a la planta, y cuando la densidad poblacional es alta (5-6 larvas/m²) ocasionan daños en las raíces que perturban el desarrollo de las plantas y pueden causar su muerte, lo que genera reducciones importantes en el rendimiento del cultivo (Tamayo & Londoño, 2001). Las heridas ocasionadas permiten el ingreso de hongos patógenos que también afectan la producción (figura 46).



Foto: Banco de imágenes
de AGROSAVIA

Figura 46. Larvas de chiza o mojoy.

Como estrategia de control biológico se recomienda realizar aplicaciones a suelo de hongos como *Beauveria bassiana* y *Metharhizium anisopliae*, que atacan todos los estados de desarrollo de la plaga, y bioproductos a base de *Bacillus popilliae*, causante de la enfermedad lechosa en larvas y pupas (Ávila, 2015; Tamayo & Londoño, 2001).

Barrenador de la vaina del frijol (*Heliothis* spp.)

En su estado larval, este insecto hace daño al perforar las vainas de la planta (figura 47). Afecta las yemas terminales e induce la emisión de nuevos brotes, y puede ocasionar daños en las flores. Las yemas afectadas por el insecto se deterioran y las vainas sufren un proceso de descomposición a causa de la infección por microorganismos saprofitos o fitopatógenos (Ríos-Betancour & Quirós-Dávila, 2002).



Foto: Yanine Rozo L.

Figura 47. Daño causado por barrenador de la vaina del frijol.

Esta plaga afecta al cultivo en sus etapas iniciales de desarrollo y en las subsiguientes de floración y desarrollo de frutos (figura 47). Se ha propuesto que un 15-20 % de brotes dañados o un 10-15 % de vainas perforadas en el cultivo constituyen el umbral de afectación para tomar medidas de manejo. Esas medidas generalmente incluyen el uso de bioplaguicidas a base de *Bacillus thuringiensis* para un control preventivo, siguiendo las recomendaciones del fabricante. Por otra parte, se recomienda el uso de carbaril como control químico cuando el umbral de afectación es muy alto (figura 47) (Bueno & Cardona, 2004).

Minador (*Liriomyza huidobrensis*)

Es una plaga común en frijol que genera daños en las hojas, principalmente cuando las plantas son pequeñas (hasta la aparición de la tercera hoja trifoliada); por lo anterior, se deben aplicar medidas de control en esta etapa del cultivo. El daño es causado por las larvas que se caracterizan por presentar una forma cilíndrica, una coloración cremosa y un tamaño de 1 a 3 mm de largo; estas, al alimentarse, perforan y minan las hojas realizando túneles, los cuales son pequeños al comienzo y luego van aumentando su tamaño a medida que crece la larva (figura 48). Dichos túneles se localizan a lo largo de las nervaduras de las hojas y son frecuentemente confundidos con los síntomas de la antracnosis (Tamayo & Londoño, 2001).



Foto: Yanine Rozo L.

Figura 48. Daño causado por minador.

Cuando las poblaciones son altas, pueden generar la pérdida de numerosas hojas o reducir el área foliar, lo que afecta la tasa fotosintética efectiva de la planta. Esto lleva a un retraso en el desarrollo del cultivo (Tamayo & Londoño, 2001).

Se recomienda el uso de trampas con pegante para monitorear el arribo de los adultos y decidir el momento de realizar el control químico. Para este último se debe consultar a un ingeniero agrónomo, ya que dicho control es difícil porque las larvas que realizan el daño se encuentran protegidas bajo los túneles, y esto evita la acción de los insecticidas; por lo tanto, no son muy efectivos (Tamayo & Londoño, 2001). Existen enemigos naturales como avispas (*Diglyphus*) que los parasitan, y si las minas son profundas o superficiales se puede aplicar *Bacillus thuringiensis* para control de las larvas (Ávila, 2015).

Gusano medidor (*Trichoplusia*)

Posee una coloración verde con una línea blanca o color crema lateral a cada lado de su cuerpo (figura 49). Estas larvas se alimentan vorazmente de las hojas, y hacen perforaciones que pueden llegar a ser económicamente importantes si sobrepasan el 20 % del tejido foliar (Tamayo & Londoño, 2001).



Foto: Yanine Rozo L.

Figura 49. Gusano medidor en cultivo de frijol, Manaure, Cesar.

Para el control del gusano medidor es recomendable el uso de productos biológicos como *Bacillus thuringiensis* ($1,5 \text{ g L}^{-1}$) o controladores biológicos como parasitoides (*Copidosoma*) y la liberación de *Trichogramma*. No es recomendable el uso excesivo de agroquímicos (insecticidas), debido a los efectos ambientales que estos pueden acarrear y a que pueden afectar la población de organismos benéficos (controladores biológicos) (Tamayo & Londoño, 2001). Sin embargo, si es estrictamente necesario, se sugiere el uso de insecticidas de contacto o ingestión como endosulfan o dimetoato (Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional [USAID], 2007).

Hormiga arriera (*Atta* sp.)

El género *Atta* es el de mayor presencia en Colombia (de 70 a 80 %), e incluye las especies *A. cephalotes*, *A. colombica* y *A. sexdens*. Para su control es importante prevenir la formación de nuevos hormigueros y la erradicación de los presentes a través del ataque hacia la reina.

Para el manejo integrado de la hormiga arriera, es aconsejable realizar un mapeo de los hormigueros en el lote de cultivo, seguido de la destrucción de dichos hormigueros con herramientas convencionales. La finalidad de esta estrategia es la destrucción de la hormiga reina, que es la que mantiene el hormiguero

activo (Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) & Acción Social, s.f.) (figura 50).



Foto: Yanine Rozo L.

Figura 50. Hormiga arriera, en cultivo de frijol.

Por otra parte, el control natural a través de predadores y microorganismos entomopatógenos constituye una estrategia eficiente en el manejo de esta plaga. El uso de hongos entomopatógenos como *Beauveria*, *Metharizium* y *Trichoderma*, con las dosis recomendadas, ha sido reportado como una alternativa viable para reducir las poblaciones. Además, se ha demostrado la toxicidad sobre las hormigas, de algunos cultivos como la higuera (*Ricinus comunis*), la canavalia (*Canavalia ensiformis*) y la batata (*Ipomoea batatas*) (USAID & Acción Social, s.f.) (figura 50).

Gorgojo (*Acanthoscelides obtectus* y *Zabrotes subfasciatus*)

Las diferentes especies de gorgojo constituyen las principales plagas del frijol en almacenamiento. Estos pueden llegar a causar pérdidas económicas de alrededor del 20 % en frijol almacenado, y cuando la cosecha es tardía (alta infestación), las pérdidas pueden elevarse a un 100 % de la cosecha. Esto se da por el daño directo que genera la larva de este coleóptero al grano, pues lo perfora y se desarrolla en su interior (Tamayo & Londoño, 2001). Además, el

grano pierde calidad e inocuidad por la contaminación con microorganismos y bacterias (Escoto, 2011) (figura 51).



Foto: Rafael de Oro

Figura 51. Semilla de frijol común afectada por *Acanthoscelides obtectus* (gorgojo).

En zonas con ataque del gorgojo, es importante cosechar temprano como una estrategia para el manejo de esta plaga, con el fin de disminuir la exposición de la planta al ataque del insecto. En el almacenamiento, es importante revisar cuidadosamente el grano antes de almacenarlo para evitar hacerlo con presencia de insectos. Se recomienda usar arena, cal, ceniza y vainas que llenen espacio entre granos y disminuyan la cantidad de aire, ya que esto impide que la larva se desarrolle (Arias et al., 2007). La exposición del grano a la radiación solar también constituye una alternativa que, además de reducir la infestación por gorgojos debido a una disminución en la eclosión de los huevos por las altas temperaturas, permite el secado del grano y reduce el daño por hongos (Escoto, 2011).

Por último, el manejo integrado de plagas y enfermedades en el cultivo de frijol consta de estrategias dinámicas que deben implementarse por los agricultores con la intención de monitorear constantemente los cultivos. La finalidad es la implementación de prácticas adecuadas, que conserven la inocuidad y calidad del producto, y evitar así el uso irresponsable de agro insumos (figura 52). Las prácticas más utilizadas son el monitoreo constante del cultivo, pues con esto se identifica la presencia de plagas y enfermedades, y conoce la dinámica de las poblaciones; de esta manera, es posible anticiparse a los umbrales críticos mediante estrategias preventivas y prevenir que las poblaciones alcancen

niveles perjudiciales (Ávila, 2015; Romero, 2004). Sin embargo, en el Caribe húmedo no está tipificada la fenología de las plagas de importancia económica; la entomofauna asociada al cultivo de frijol y los monitoreos no constituyen indicadores para la toma de decisiones de control, pues al respecto los productores de frijol afirman que el control es estrictamente químico y se aplica ante la presencia de la plaga, sin importar el número de individuos: “De los 20 día en adelante... porque de ahí pa’lante las paguitas, y siempre ya, muchos hielos a veces que le cae, y a veces una que llaman roya, por lo menos cuando esta este cultivo, cuando empieza a florecer se vuelve como débil, entonces siempre es amante a caerle muchas enfermedades”.¹⁴

Respecto a la aplicación de químicos, un productor responde: “Depende el tiempo, si el tiempo está muy inviernos se le echa por ahí cada cinco días, si el tiempo esta así húmedo, que no esté muy hieloso, cada ocho días, cada siete, ocho días..., por ahí cinco o seis fumigar se le puede aplicar”¹⁵. Y en cuanto al criterio que tiene para la aplicación, menciona:

Sabe que ya uno como conoce las enfermedades y conoce también los productos de que son para atacar... entonces uno los sigue previniendo, por lo menos lo que es con dithane, trivía los sigue uno..., los sigue previniendo ..., es preventivo..., ya si ve uno un daño que es como raro uno aplica el curativo como es el Amistar. Hay otro que llaman score; ahorita salió uno que llaman charpen, que son curativos entonces uno le aplica, pero primero, le aplica uno así que son preventivos.¹⁶

En este sentido, entre las recomendaciones generales más utilizadas están la rotación de cultivos para evitar que las plantas sean atacadas por los mismos insectos; la preparación del terreno, que favorece un buen crecimiento inicial de las plantas de frijol gracias a que las semillas encuentran las mejores condiciones para su germinación y su desarrollo; la utilización de semillas certificadas de buena calidad, sanas, con tolerancia o resistencia a plagas, que son menos susceptibles de ser atacadas; una fertilización balanceada, donde se proporcionen los nutrientes necesarios a las plantas para que crezcan vigorosas y menos propensas a las plagas; monitoreo constante del cultivo, mejor cada

¹⁴ Productor de frijol común, de la vereda Los Baos, del municipio de Río de Oro, Cesar.

¹⁵ Productor de frijol común, de la vereda Los Baos, del municipio de Río de Oro, Cesar.

¹⁶ Productor de frijol común, de la vereda Los Baos, del municipio de Río de Oro, Cesar.

semana, para detectar la presencia de plagas y programar planes de prevención o acción; manejo de malezas en el momento adecuado, ya que muchas de ellas son hospederas de plagas que luego podrían pasar al cultivo; la destrucción de socas o residuos vegetales, que pueden servir como albergue de muchas plagas, y por último una cosecha oportuna (Tamayo & Londoño, 2001) (figura 52).



Foto: Yanine Roza L.

Figura 52. Control de plagas, enfermedades y malezas en cultivo de frijol en Río de Oro Cesar.

Enfermedades

En el Caribe, debido a la amplia diversidad de suelos, producto de las condiciones climáticas y geológicas contrastantes, es común encontrar diferentes factores edáficos como la fertilidad, la acidez, la humedad, la profundidad, entre otros, que pueden afectar el establecimiento del cultivo de frijol. Esa variabilidad climática trae consigo el desarrollo de algunas enfermedades (lo cual es más común en el Caribe húmedo), por las condiciones de humedad relativa y temperatura adecuadas para la proliferación de fitopatógenos, que podrían generar grandes afectaciones a nivel económico (Rosas, 2011).

Las enfermedades constituyen un factor decisivo en la reducción de productividad en el cultivo de frijol de la subregión. Los hongos fitopatógenos son el grupo de

microorganismos causantes de las enfermedades de mayor importancia, principalmente cuando las condiciones son favorables para su desarrollo, como el caso de las condiciones climáticas predominantes en el subtrópico (Herrera, 2004). En el Caribe, en particular en el Caribe húmedo, se encontraron en campo —y se refirieron por los productores— enfermedades como mustia hilachosa, pudrición de la raíz por *Fusarium*, roya, antracnosis y fumagina, entre otros. Sin embargo, dentro de este grupo requieren especial consideración los patógenos del suelo, por su alta persistencia y dificultad de control. En los talleres de consenso se identificó que 28 % de los productores no controla enfermedades, el 60 % utiliza controles químicos y 12 % usa control biológico.

Mustia hilachosa (*Thanatephorus cucumeris*)

La mustia hilachosa, cuyo agente causal es el hongo *Thanatephorus cucumeris*, representa una de las enfermedades de mayor importancia económica del frijol (*Phaseolus vulgaris*) (Beaver, Godoy, Rosas, & Steadman, 2002); ataca hojas, tallos y vainas, y ocasiona pérdidas de hasta un 90 %. Se puede identificar en las hojas a través de la aparición de pequeñas manchas de aspecto acuoso y color café claro, rodeadas de un borde oscuro. Las manchas crecen, se unen y forman manchas más grandes, más oscuras, con un fino borde oscuro (figura 53). En las manchas aparecen pequeños hilos blancos o café claro, que pegan las hojas entre sí (con apariencia de una telaraña). En vainas causa lesiones oscuras y acuosas (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura [IICA], 2008).



Foto: Yanine Roza L.

Figura 53. Mustia hilachosa en cultivo de frijol en Caribe húmedo.

La enfermedad se inicia a partir de esclerocios que caen al suelo y son salpicados por la lluvia hasta las hojas, junto con tierra. La planta es atacada desde las dos primeras semanas después de la siembra hasta el llenado de vainas. El hongo sobrevive en restos de cosecha, en el suelo y en las semillas (Escoto, 2011).

Las condiciones ambientales adecuadas para el desarrollo de la enfermedad son temperaturas moderadas o altas (25-32 °C) y una humedad relativamente alta (75 %), proporcional a lluvias frecuentes; razón por la cual es común la aparición de esta enfermedad en condiciones del Caribe húmedo colombiano, en especial cuando no se realiza un manejo adecuado del cultivo (IICA, 2008). Para el manejo correcto de la enfermedad, se sugiere sembrar bajo el sistema de mínima labranza o labranza cero o el de relevo usando los despuntes y las hojas de maíz como cobertura entre las hileras de frijol; esto ayuda a reducir la incidencia de la enfermedad y evita que el patógeno sea salpicado por las lluvias a la parte inferior de las plantas. Utilizar semilla libre de patógenos, preferiblemente certificada, determinar las fechas óptimas para la siembra, eliminar los residuos de la cosecha anterior, efectuar la rotación con cultivos no hospederos —como por ejemplo las gramíneas, utilizar variedades de porte erecto o de guía (hábito de crecimiento tipo II) ha sido un criterio muy importante para la selección de líneas con resistencia a mustia hilachosa, sobre todo para el Caribe húmedo; asimismo, aplicaciones preventivas con benomil 0,5 kg de producto comercial por hectárea a los 20, 35 y 50 días después de la siembra (Escoto, 2011) (figura 53).

Antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*)

Es una de las enfermedades más importantes del frijol, ampliamente distribuida en todo el mundo. En especial, es común en regiones con lluvias frecuentes y más destructivas, bajo temperaturas moderadas con alta humedad relativa, condiciones que tiene el Caribe húmedo (Gallego, Ligarreto, Garzón, Oliveros, & Rincón, 2010) (figura 54).



Foto: Yanine Rozo L.

Figura 54. Síntomas de antracnosis en cultivo de frijol común en Caribe húmedo

La antracnosis puede afectar cualquier parte de la planta, dependiendo del momento de la infección y la fuente del inóculo. Los síntomas aparecen como una lesión color marrón oscuro o negro en las nervaduras en el envés de las hojas; de igual forma, los pecíolos de las hojas e incluso los tallos pueden mostrar este síntoma. Los chancros hundidos también ocurren en los hipocótilos en desarrollo. Los síntomas más notables de la antracnosis del frijol aparecen en las vainas, donde las lesiones suelen estar hundidas y rodeadas por un anillo negro ligeramente elevado, rodeado por un borde rojizo. Bajo infección severa, las vainas jóvenes pueden marchitarse y secarse prematuramente (Buruchara, Mukankusi, & Ampofo, 2010).

El hongo puede penetrar a través de la vaina y causar así decoloración y distorsión de la semilla. También puede penetrar la cubierta de la semilla y establecerse firmemente dentro de esta; de esta manera, sirve como una fuente de propagación del hongo en siembras posteriores. Las principales formas de infección son a través de semillas infectadas y restos de cultivos, propagación por la lluvia y movimiento de insectos y otros animales, en especial cuando el follaje de las plantas está húmedo (Escoto, 2011).

Los métodos preventivos para el manejo de la enfermedad incluyen la utilización de semilla certificada libre de la enfermedad, rotación del cultivo con cultivos como cereales que no son hospederos del fitopatógeno; remoción o incorporación de restos de plantas del cultivo después de la cosecha; utilizar variedades resistentes, aplicar a las semillas thiram para ayudar a controlar la infección en el recubrimiento de la semilla; evitar la irrigación aérea y ejecutar la limpieza de las instalaciones de almacenamiento de semilla para evitar contaminación (Buruchara et al., 2010).

Como método para reducir una mayor propagación cuando la enfermedad ya se encuentra en el cultivo, se sugiere aplicar sobre el cultivo fungicidas protectores o fungicidas sistémicos con hidróxido de cobre como ingrediente activo (Buruchara et al., 2010).

Pudrición de la raíz (*Fusarium solani*)

Los síntomas aparecen inicialmente como lesiones de color marrón rojizo o estrías en el hipocótilo y la raíz primaria una o dos semanas después de la emergencia de la plántula (figura 55). A medida que la infección progresa, las lesiones se unen, se vuelven marrones y se extienden por encima de la superficie del suelo; estas pueden ir acompañadas de fisuras o grietas longitudinales, que generan la muerte y desprendimiento de las raíces primarias y laterales, y por último hacen que el tallo inferior se vuelva hueco (Buruchara et al., 2010).



Foto: Yanine Rozo L.

Figura 55. Síntomas de *Fusarium solani* en cultivo de frijol común en Caribe húmedo.

Para evitar la incidencia de la enfermedad es aconsejable el uso de variedades con cierto grado de resistencia. La infección inicial de *Fusarium* puede ser retrasada mediante la fumigación o tratamiento del suelo con quintozene (figura 56), y se puede prevenir mediante la aplicación de abono de corral u otras enmiendas del suelo, como abonos verdes o fertilizantes inorgánicos, para mejorar la fertilidad del suelo (sin excederse en el uso de fertilizantes nitrogenados). Por otra parte, se sugiere la rotación de cultivos, la siembra en suelos bien drenados y la eliminación de residuos de cosecha (Buruchara et al., 2010).



Foto: Yanine Rozo L.

Figura 56. *Fusarium solani* en cultivo de frijol común en Caribe húmedo.

Fumagina

Es una enfermedad que interfiere en el proceso de fotosíntesis, que afecta las hojas y los frutos, y reduce el rendimiento. Su aparición generalmente está asociada a la presencia de insectos chupadores como la mosca blanca (*Bemisia tabaci*), debido a la excreción sobre las hojas de melaza, una sustancia azucarada que sirve como sustrato para los hongos que causan esta enfermedad: *Cladosporium* y *Capnodium* (figura 57). También, las condiciones atmosféricas favorables como la elevada humedad y la poca iluminación de las plantas contribuyen al desarrollo de la enfermedad (Perea, Rojas, & Villalobos, 2003).



Foto: Yanine Rozo L.

Figura 57. Fumagina en cultivo de frijol común, Río de Oro, Cesar.

Esta enfermedad puede presentarse a través de manchas negras con partículas finas en su superficie similar a un polvillo oscuro, por lo general, en el haz de las hojas (donde invaden todo el limbo), en la base de las flores y en los frutos (Martínez, Barrios, Rovesti, & Santos, 2006). Para su control, es indispensable la eliminación de los insectos que secretan la melaza rica en carbohidratos, sobre la cual se desarrolla este hongo. Posteriormente, se sugiere el control con algunos fungicidas o la aplicación de detergentes.

Roya (*Uromyces appendiculatus*)

Este hongo puede generar pérdidas de alrededor de un 25 % en el rendimiento del cultivo de frijol, formando puntos amarillentos en las hojas, con un centro de color oscuro que se extiende circularmente y libera un polvo de color rojo ladrillo. Esta enfermedad se favorece por temperaturas moderadas entre los 17 y 27 °C, lluvias frecuentes o noches frescas con periodos prolongados de rocío (Escoto, 2011). El hongo puede atacar desde la tercera semana después de la siembra hasta el llenado de vainas, y puede sobrevivir en los restos de cosecha, tutores, malezas, entre otros, desde donde se puede propagar fácilmente (Escoto, 2011) (figura 58).



Foto: Yanine Rozo L.

Figura 58. Roya en frijol común, Río de Oro, Cesar.

Para su manejo, se recomienda rotar los cultivos, eliminar restos de cosechas, no sembrar tan tupido, utilizar variedades con resistencia media e implementar algunos fungicidas a partir de la tercera semana o antes de la floración (Buruchara et al., 2010).

Nematodos (*Meloidogyne* spp.)

Constituye el género de mayor importancia en las zonas productoras de frijol de Colombia (Tamayo & Londoño, 2001). Las plantas de frijol afectadas por nematodos llegan a presentar síntomas que pueden ser atribuidos a otras causas, por lo que muchas veces pasan desapercibidos; estos síntomas incluyen retrasos en el crecimiento de las plantas, clorosis y marchitez. En las raíces primarias y secundarias, es frecuente la aparición de agallas o nudos (figura 59). En casos severos de afectación, la toma de nutrientes y agua por parte de las raíces se ve afectada, lo que genera una reducción importante en la productividad (Tamayo & Londoño, 2001).



Foto: Yanine Rozo L.

Figura 59. Nódulos por nematodos, en raíces de frijol común, Río de Oro, Cesar.

Las medidas de control están enfocadas en la rotación con cultivos como pastos y cereales, los cuales presentan menos susceptibilidad a los nematodos. La incorporación de materia orgánica constituye asimismo una alternativa para reducir la incidencia de estos organismos. El uso de hongos antagónicos también ha sido reportado como un método efectivo en el control de nematodos, en especial hongos de los géneros *Verticillium*, *Metarhizium* y *Beauveria*. En cuanto al control químico, se sugiere la aplicación de nematicidas en el momento de la siembra, con el fin de reducir la población de nematodos (Tamayo & Londoño, 2001).

Microbiología de suelos

El cultivo de frijol presenta un buen desarrollo en suelos con textura franco-limosa o franco-arcillosa, con alto drenaje y profundidad que permitan un buen desarrollo radicular, y preferiblemente con un pH que oscile entre 5,5 y 6,5 (Arias et al., 2007). Sin embargo, los suelos tropicales presentan bajos niveles de nutrientes, lo que condiciona la productividad de los cultivos (Wakelin, Warren, Harvey, & Ryder, 2004). En particular, en Colombia el frijol es cultivado tanto en suelos de fertilidad alta, como en suelos de fertilidad moderada a baja, dependiendo de la región (Ríos-Betancour & Quirós-Dávila, 2002). En estos últimos, la deficiencia de nutrientes ha generado la utilización continua de

fertilizantes, lo que ha ocasionado fenómenos de fijación, lixiviación y precipitación en el suelo, que acarrearán una baja eficiencia en la nutrición, contaminación ambiental y altos costos de producción en el cultivo (Osorio, 2011).

Infortunadamente, a pesar de la importancia del componente biológico (en especial los microorganismos) en el funcionamiento de los ecosistemas agrícolas, son muy pocos los productores que realizan un diagnóstico inicial de las propiedades biológicas de los suelos. Los microorganismos desempeñan un papel relevante en los diferentes procesos que se llevan a cabo en el suelo y regulan en gran medida la fertilidad de este.

En este sentido, para la fertilización edáfica se debe realizar, además de un análisis fisicoquímico, un análisis microbiológico del suelo, para así ver la disponibilidad de nutrientes y el papel que pueden estar desempeñando los microorganismos en el ciclaje de estos. De acuerdo con los resultados obtenidos y la demanda nutricional del cultivo de frijol, se puede determinar la dosis y el tipo de fertilizante, además, del uso de biofertilizantes o enmiendas orgánicas que mejoren la actividad biológica en el suelo y que contribuyan a optimar la producción (Chiquillo Romero, 2017; Ramírez, Osorno Bedoya, Osorno Vega, & Morales Osorio, 2013).

De acuerdo con algunos estudios de suelos realizados en el Caribe, los suelos se caracterizan por ser deficientes en nitrógeno y tener, en términos generales, niveles bajos de fósforo y un pH ácido, lo que limita la productividad (Cuadrado, Rubio, & Santos, 2009).

El suelo rizosférico contiene diversas comunidades microbianas que exhiben efectos benéficos sobre la productividad agrícola. Algunos microorganismos con potencial en la promoción de crecimiento vegetal y mejoramiento de la calidad del suelo incluyen bacterias de los géneros *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Rhizobium*, entre otros (Niranjan, Shetty, & Reddy, 2005; Shankar, 2013) y hongos de los géneros *Trichoderma*, *Penicillium* y hongos formadores de micorrizas (HFM), además de otros, los cuales presentan múltiples mecanismos de acción como la solubilización de fósforo, la fijación

biológica de nitrógeno o el antagonismo contra microorganismos fitopatógenos (Hoyos-Carvajal, Cardona, Osorio, & Orduz, 2015).

Se ha demostrado la habilidad de microorganismos para llevar minerales a formas disponibles para las plantas bajo sistemas *in vitro* e *in vivo*, lo que genera aumentos en concentraciones foliares de nutrientes como Ca, Mg, P, Na, Fe y K (Altomare, Norvell, Björkman, & Harnan, 1999; Yobo, Laing, & Hunter, 2009). Por otro lado, los hongos micorrícicos arbusculares como *Glomus fasciculatum* (HMA) y microorganismos solubilizadores de fósforo (MSP) mejoran tanto la eficiencia de la fertilización fosfórica como el incremento de este mineral en el suelo (Osorio, 2011).

Por su parte, los rizobios inducen en las raíces de las leguminosas la formación de estructuras especializadas denominadas nódulos, dentro de los cuales el nitrógeno atmosférico es reducido a amonio. Dicho proceso puede suplir hasta el 80 % de los requerimientos de nitrógeno de la planta (Cuadrado et al., 2009).

El uso de microorganismos antagonistas, así como la incorporación de enmiendas orgánicas al suelo, también se vuelve fundamental si se tiene en cuenta que en algunas zonas del Caribe húmedo, particularmente en el sur del Cesar (Río de Oro y González), los análisis microbiológicos de suelos muestran altos recuentos (superiores a 1×10^4 UFC por gramo de suelo) de fitopatógenos como *Aspergillus*, *Fusarium*, *Phytophthora*, *Pythium*, *Cladosporium* y *Rhizopus*; algunos de estos pueden generar afectaciones importantes a nivel productivo en el cultivo de frijol. Dichos resultados reflejan un desequilibrio microbiano (probablemente a causa de un bajo contenido de materia orgánica en el suelo) y, por consiguiente, una deficiente salud del suelo (Melo, Ariza, Lissbrant, & Tofiño, 2015). Ramírez Gil, Osorno Bedoya, Osorno Vega, & Morales Osorio (2013) han demostrado que un alto contenido de materia orgánica en el suelo favorece la actividad de microorganismos benéficos como micorrizas y hongos promotores de crecimiento vegetal, lo que permite una mayor colonización de la rizósfera de las plantas (tabla 5).

Tabla 5. Recuento de hongos de muestras de suelo, Río de Oro y González, sur del Cesar

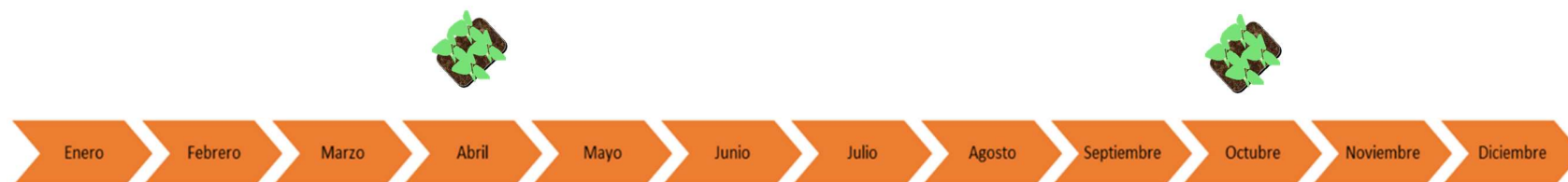
Lote	Recuento	Géneros observados
Río de Oro 1	3 x 10 ⁴	<i>Aspergillus</i> sp., <i>Trichoderma</i> , <i>Rhizopus</i>
Río de Oro 2	5 x 10 ⁴	<i>Aspergillus</i> sp. <i>Penicillium</i> , <i>Trichoderma</i> , <i>Rhizopus</i>
González 1	2 x 10 ⁴	<i>Aspergillus</i> sp. <i>Phytium</i> , <i>Penicillium</i> , <i>Trichoderma</i> , <i>Rhizopus</i>
González 2	8 x 10 ⁴	<i>Trichoderma</i> , <i>Fusarium</i> , <i>Cladosporium</i> sp. <i>Phytium</i> <i>Penicillium</i> , <i>Aspergillus</i> sp., <i>Rhizopus</i>
González 3	3 x 10 ⁴	<i>Aspergillus</i> sp. <i>Phytium</i> , <i>Penicillium</i> , <i>Trichoderma</i> , <i>Rhizopus</i>

Observación: Recuentos de hongos dentro de los niveles referidos por la literatura para suelos tropicales, con diferencias en variedad de géneros (Melo et al., 2015). Específicamente el lote 2 de González presenta mayor número de géneros fitopatógenos (resaltados).

Fuente: Elaboración propia

Las diferentes etapas de desarrollo que componen el ciclo productivo de frijol determinan su fenología; además, debido a su corta duración, las actividades de manejo deben realizarse en momentos ya preestablecidos para que el rendimiento del cultivo no se afecte de forma negativa. La sincronía entre las labores culturales del frijol y las etapas de desarrollo se describe en la tabla 6. Asimismo, se ha identificado para las condiciones agroecológicas del Caribe húmedo que algunas plagas y enfermedades tienen mayor incidencia en ciertas etapas de desarrollo, por lo cual el productor debe realizar monitoreos específicos para identificar el momento adecuado de acuerdo con los sugerido en las tablas 7 y 8.

Tabla 6. Tecnología local de producción del cultivo de frijol común *Phaseolus vulgaris* L. en Caribe húmedo



Fechas de siembra



Ciclo productivo: 90 días.

Máximo dos ciclos al año, con mayor frecuencia de siembra en el segundo semestre.

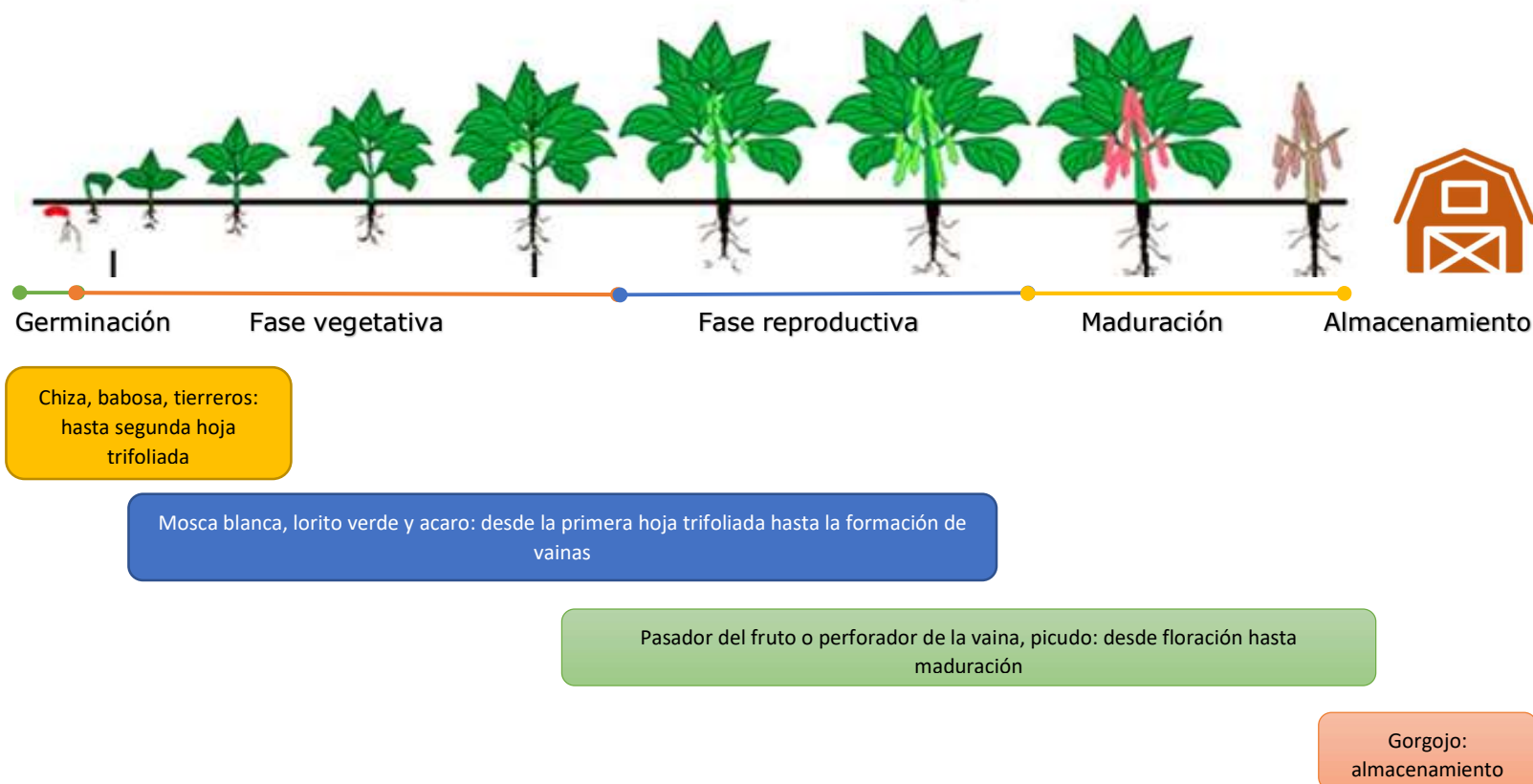
Continúa tabla 6

Continuación tabla 6

Zonas de producción	Río de Oro, González (Cesar), Santo Tomás (Atlántico)	Riego	Gravedad, aspersión o solo precipitación
Acondicionamiento del terreno	Recolección de residuos agrícolas, quemas químicas, despalite y trazado	Control de arvenses	Manual, mecánico + químico + manual, químico*
Preparación del suelo	Labranza mínima, manual, mecanización*	Control de plagas y enfermedades	Químico clorpirifos, mancozeb; no aplica, biológico
Siembra	Directa	Fertilización	Química, urea, KCl y triple 15
Semilla	Criolla, producida en ciclos anteriores; certificada* Cantidad: 35-40 kg/ha	Cosecha	Manual
Distancia de siembra	0,40 m x 0,30 m en monocultivo	Rendimiento promedio	1-3 t/ha dependiendo del suministro de agua
Sistema de siembra	Monocultivo o asociado con maíz	Actividades poscosecha	Limpieza, clasificación y empaque
Labores culturales	Retiro de desechos, aporque, deshierba	Presentación para venta	Bulto 50 kg

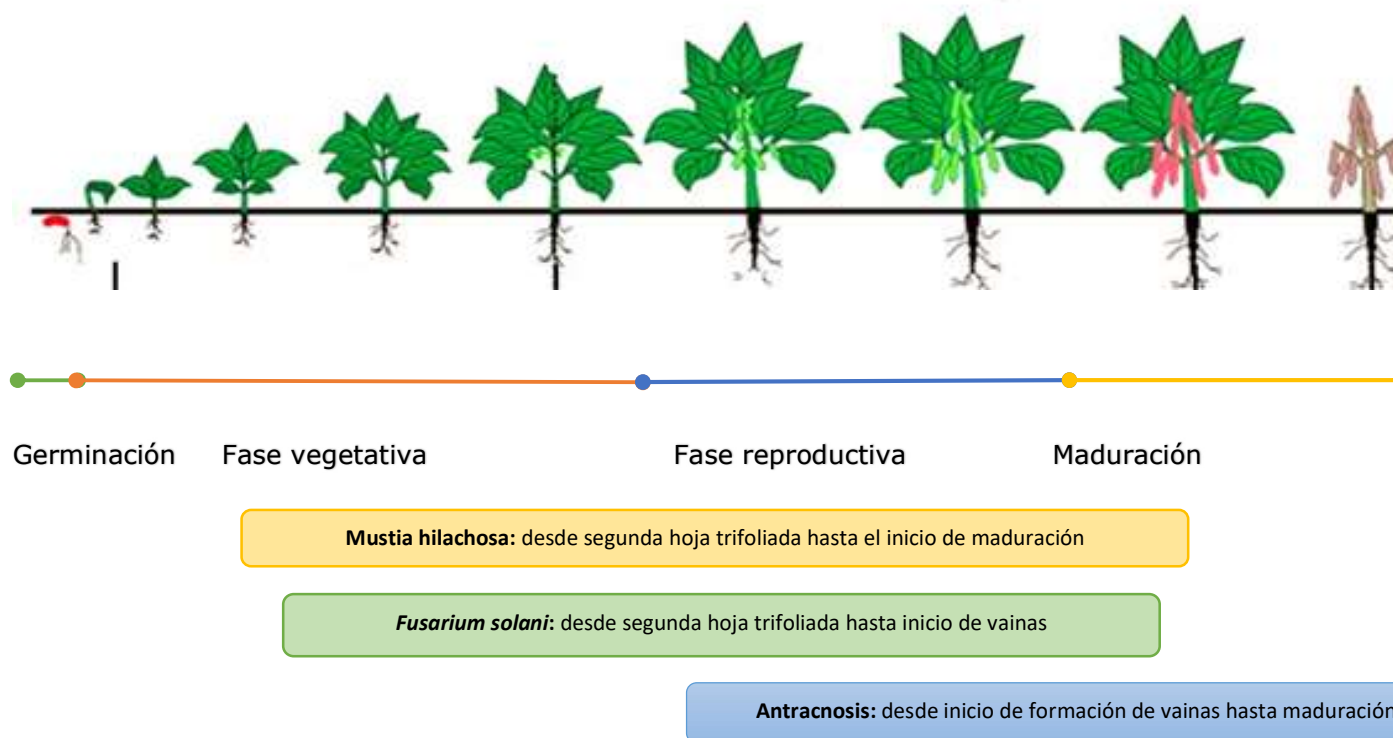
Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. Plagas según etapa de desarrollo del ciclo de cultivo de frijol común *Phaseolus vulgaris* L.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 8. Principales enfermedades registradas en Caribe húmedo, según su aparición en etapas de cultivo de frijol común *Phaseolus vulgaris* L.



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los talleres de consenso, la tecnología local de producción de frijol común representativa de la zona corresponde a preparación manual (70,21 %), siembra manual (100 %), uso de semilla no certificada de variedades locales (95 %), bajo uso de análisis de suelo (15 %), sistema en monocultivo o policultivo con igual frecuencia —dependiendo de la disponibilidad de semilla de otras especies, por lo cual la distancia de siembra es variable— (45 % para ambos sistemas), siembra con el ciclo de lluvia —aunque 73,24 % tiene acceso a fuentes de agua para riego que se utiliza por gravedad o aspersión, en mayor proporción, uso generalizado de fertilizante químico con fraccionamiento durante el ciclo productivo (76 %); 68 % de los productores realiza control químico y manual combinado para el control de arvenses, control químico de plagas generalizado, pues 90 % de los productores afirmó utilizar productos químicos para el control de plagas.

El control de enfermedades al parecer es menos atendido respecto al control de plagas, ya que cerca de la mitad de los productores encuestados no lo hace (44 %), mientras que aquellos que sí lo hacen utilizan agroquímicos (44 %); solo una pequeña proporción aplica control biológico de enfermedades (12 %). Por otro lado, la cosecha es principalmente manual (100 %); como principales labores de poscosecha están la limpieza, la selección y el empaque (85 %) y, luego, la venta por bultos de 50 kg (90 %) (tabla 6).

La tecnología local de producción descrita presenta puntos críticos, como bajo acceso a los análisis de suelo y asistencia técnica continua; esto facilita el uso excesivo de agroinsumos de amplio espectro, baja eficiencia en el uso del recurso hídrico y pérdida de la fertilidad del suelo por fertilización inadecuada; uso de semilla de baja calidad que dispersa plagas y enfermedades; suelo desnudo con baja cobertura por el cultivo, lo cual favorece la erosión y la presión de plagas; bajo laboreo del suelo, que promueve la permanencia de plagas y enfermedades en el lote, cuyos principales agentes y épocas de aparición en el cultivo se identifican en las tablas 7 y 8. Finalmente, la venta a granel no facilita la articulación del productor a los sistemas formales de comercio y sí favorece la intermediación. Los acaparadores son los que realizan la venta a las centrales de abasto y almacenes de grano. Vista en contexto, la tecnología local de

producción se maneja bajo el estándar de agricultura convencional con tecnificación moderada (Cámara de Comercio de Bogotá [CCB], s.f.).

Este modelo favorece altas presiones de plagas, enfermedades y pérdida de la calidad de suelo (Tofiño-Rivera et al., 2016). La conversión hacia un sistema con menor impacto ambiental, que mejore la sanidad del cultivo y la calidad del suelo puede realizarse solo bajo un sistema de asistencia técnica agropecuaria (ATA) dinámico, en el que el productor se empodere de la aplicación de las prácticas de la agricultura intensiva sostenible que se basa en disponibilidad de asistencia técnica, semillas de buena calidad, uso eficiente de agroinsumos (incluye biológicos), elementos tecnológicos para sistematización y uso eficiente del riego (fertiliriego). La competitividad de la cadena de suministro trasciende el cambio de la tecnología local de producción, pues requiere una acción cooperativa de los actores del territorio, dado que la disponibilidad y el acceso a la tecnología es solamente uno de sus componentes; esto debido a que las condiciones biosociales, la generación de valor agregado, transformación de la materia prima, promoción de servicios ecosistémicos de la biodiversidad y articulación con el mercado también deben intervenir (Hruska, 2015).

Así, pues, en este documento, se han indicado algunas prácticas sostenibles para la conservación de los recursos bajo explotación agrícola, que han sido exitosas en otras zonas de producción de frijol común; sin embargo, solo a través de un ejercicio documentado de vinculación tecnológica, se logrará identificar cuáles acciones tienen aceptación en los centros de producción de frijol en el Caribe húmedo, pues a la fecha no se identificaron registros de actividades de intervención sobre la cadena de suministro de frijol común por la academia, los centros de investigación o los tomadores de decisión asentados en el territorio.

Cosecha, postcosecha, comercialización y autoconsumo

En Centroamérica y el Caribe se ha encontrado que la cadena de suministro de frijol tiene alta intermediación; por tanto, los productores no tienen relacionamiento con el consumidor o con los comercializadores directos. Además, las bajas opciones agroindustriales aplicadas para frijol restringen la

integración agroindustrial como factor diferenciador o de valor agregado, como se presenta para otros granos, por ejemplo, el maíz y el arroz (Quiroz Cortez & Reyes Vallejos, 2009). En esta sección se presenta la información primaria recolectada por AGROSAVIA en la subregión Caribe húmedo, respecto a las prácticas de autoconsumo, poscosecha y comercialización de los granos tipificados como frijol.

Cosecha

La cosecha de frijol común tipo arbustivo en la subregión Caribe húmedo se realiza manualmente, arrancando la planta completa y extendiéndola sobre el suelo para disminuir la humedad (figura 60). Al final del día, se acarrean las plantas y se arruman en un solo punto, donde se cubren con una lona mientras se llevan al punto de beneficio. El punto de madurez para cosecha se identifica cuando la planta se ha defoliado y las vainas cambian su color y consistencia. Para el frijol la cosecha se realiza varios días después de haber alcanzado la madurez fisiológica, ya que es necesario que el grano pierda humedad dado que para almacenamiento se requiere un porcentaje de humedad del 14 % y al momento de la cosecha pueden referirse humedades en el grano hasta del 20 %. La condición ideal para cosecha es el verano; sin embargo, cuando se anticipan las lluvias debe cosecharse, aunque no se haya alcanzado la pérdida de humedad de grano en el campo y deben utilizarse otras estructuras de la finca donde pueda extenderse la planta con sus vainas enteras (Román & Arias, 1995).



Foto: Yanine Rozo L.

Figura 60. Secado final de la planta de frijol común antes del acarreo, González, Cesar.

Postcosecha

En la subregión Caribe húmedo, el beneficio de la semilla de frijol común inicia con el secado, pues la vaina debe estar seca y el grano con una humedad del 14 % antes del desgrane. El secado se realiza en patios o carpas de secamiento, y el desgrane se hace manualmente, desprendiendo las semillas de las vainas en un proceso denominado “apaleo”, en el cual se golpean suavemente las vainas secas mientras están contenidas en un costal. La separación de los desechos de vainas y otras impurezas se lleva a cabo mediante un venteo que se realiza con zarandas o dejando caer la semilla desde una altura mayor a un metro hacia un platón (Román & Arias, 1995). Por otro lado, cuando se siembra más de una hectárea, es evidente el uso de desgranadoras mecánicas que realizan el proceso de desgrane y el de limpieza; así, queda la semilla limpia, empacada a granel en sacos de 50 kg. Las desgranadoras de maíz, por lo general, también pueden emplearse para la trilla del frijol (figura 61). Un correcto beneficio deja el grano listo para procesos de selección en los cuales se separan granos de tamaños y colores divergentes, en el caso de mercados exigentes como almacenes de cadena; para el comercio en mercados locales se acepta el producto sin clasificar. Una vez secado, trillado, venteado y seleccionado, el grano está listo para almacenamiento a corto y mediano plazo, mientras se realiza el mercadeo (AGROSAVIA, s.f.).



Foto: Yanine Rozo L.

Figura 61. Máquina desgranadora de frijol en González, Cesar.

Uno de los limitantes de la agrocadena es el uso generalizado de “semilla de costal” (no certificada) para la siembra. En este sentido, se ha estimado que solamente el 1 % de los productores de frijol utiliza semilla certificada (Varón, 2016b). La baja tasa de utilización de semilla certificada por los productores afecta la productividad del cultivo, pues la semilla es una fuente importante de dispersión de enfermedades, plagas y arvenses en frijol. La solución a esta problemática podría incluir la capacitación a los productores proveyéndolos de un protocolo para el monitoreo estrecho de las condiciones que puedan afectar la calidad de la semilla, tanto en campo como en poscosecha, para disminuir la incidencia de enfermedades que se transmiten por semilla (Araya & Hernández, 2007).

Se ha relacionado la duración y el tipo de almacenamiento con el tiempo de cocción en frijol y los problemas de calidad del grano que se observan cuando la cosecha coincide con el tiempo lluvioso. Por tanto, se ha evaluado el efecto del

color de las coberturas de las construcciones para el secado y almacenamiento a corto plazo del frijol. Con esto, se ha registrado que los plásticos con reflectivo y el control de temperatura y humedad en estas construcciones optimizan de manera significativa la calidad del grano obtenido, al alcanzar menores tiempos de cocción respecto a los frijoles bajo plástico transparente, actualmente utilizados por los productores (Gutiérrez Soto, Chaves-Barrantes, Hernández Fonseca, Araya-Villalobos, & Ureña Solís, 2009).

Asistencia técnica

Los indicadores de adopción de variedades mejoradas de frijol en Latinoamérica son bajos; sin embargo, las razones vinculadas con este resultado no están sujetas exclusivamente a la mayor calidad sensorial o de mercadeo de las variedades locales, su rendimiento estable entre años y la baja aplicación tecnológica. En buena medida, están asociadas a la estrategia de difusión y la disponibilidad y acceso de la semilla para los productores objetivo.

Respecto a la definición de la estrategia, los mejores resultados en Centroamérica se han alcanzado cuando el agricultor se integra al proceso de mejoramiento, como consulta o mejoramiento participativo. Estas opciones son ventajosas, pues en la primera el productor puede comparar el desempeño de un conjunto de cultivares y seleccionar aquellos que considera superiores; en la segunda, el productor puede probar los genotipos superiores en su finca y bajo sus condiciones de manejo, y decidir cuáles son superiores respecto a los cultivares locales. A través de esta estrategia, el productor deja de considerarse un simple receptor de la semilla y la tecnología, al convertirse en un actor al que se le reconoce su experiencia para dar respuesta a sus necesidades entorno al cultivo de frijol. Por tanto, las opciones de adopción son superiores cuando la difusión inicia desde el proceso mismo de mejoramiento y no solo cuando la variedad se ha generado (Elizondo, Hernández, & Araya, 2004).

Por otro lado, además del acceso a una semilla de alta calidad, la competitividad del frijol requiere otras acciones en producción y mercadeo. En este punto, la asistencia técnica para el manejo del cultivo de frijol cumple una labor

fundamental; de igual forma, en el trabajo de campo con productores hay que considerar la importancia que tienen las experiencias de estas personas, y las cuales deben rescatarse. De esta manera, se creará un proceso de aprendizaje enriquecedor para ambas partes. Por ello, es importante que los profesionales a cargo, más que especialistas en el cultivo, sean formados en metodologías participativas para la facilitación de procesos. Es conveniente que el productor sea consciente de que los servicios de apoyo que se le brindan, tales como asistencia técnica, transporte del producto, manejo poscosecha, etc., tienen un precio que debe incluirse en sus costos de producción; de no ser así, las rentabilidades obtenidas no son reales ni sostenibles (Tumi, 2008).

Las actividades de divulgación de las tecnologías de producción tienen especial relevancia en el mejoramiento de condiciones productivas de la región. En este sentido, se refieren los diferentes procesos que a nivel regional ha realizado la Universidad de Córdoba con Caupicor 50 (ICA autoriza comercialización..., s.f.). En Centroamérica se refieren casos exitosos de vinculación de nuevas variedades, por ejemplo, el frijol caupí. Se evaluaron y seleccionaron genotipos a través de consulta participativa, donde los campesinos aportaron sus preferencias y criterios de selección para así construir, de manera conjunta con los investigadores, modelos productivos con variedades adaptadas a localidades específicas para la producción sostenible del frijol, y no a ecorregiones amplias, como se realizaba rutinariamente. Lo anterior contribuye a la promoción de la biodiversidad y evitar la dispersión de plagas y enfermedades (Boukar, Coulibaly, Fatokun, & Tamò, 2010; De Gouveia, Bolívar, López, Salih, & Pérez, 2005).

Capítulo IV

Frijol caupí (*Vigna unguiculata*)

El origen evolutivo y los centros de domesticación de la especie dan cuenta de las características genéticas y ecofisiológicas que facilitan su adaptación para ciertos hábitats, constituyéndose en referentes frente a la decisión de introducirlos o implementarlos en nuevas zonas. En el caso del frijol caupí, su resiliencia al calor y su rusticidad frente a las plagas y enfermedades ha facilitado su dispersión en la costa caribe colombiana; zona en la que se produce con escasa tecnología y se restringe a suelos de baja fertilidad con baja disponibilidad de riego.

Origen, taxonomía, clasificación, descripción botánica y etapas de desarrollo en el ciclo de vida del cultivo

El origen de los cultivos agrícolas está relacionado con los sitios geográficos donde los grupos humanos empíricamente realizaron las primeras selecciones de plantas para empezar a plantar sus semillas, basados en los atributos que favorecían las características del órgano aprovechable. Las características genéticas de estas plantas seleccionadas son las que han marcado la variabilidad de las formas domesticadas de la especie que existen actualmente.

Origen

El frijol caupí (*Vigna unguiculata* L.) se domesticó en África y en India, y luego se difundió a nivel global; de esta manera, se estableció hasta la actualidad en zonas tropicales y subtropicales, donde se utiliza como recurso proteínico, calórico, con fibra, minerales y vitaminas, por la población más pobre debido a su bajo costo de producción y monetario. A nivel global, en 2013 se produjeron 11.926.787 ha con promedio de rendimiento de 521 kg/ha. A nivel nacional, en el mismo año, se

sembraron 14.000 ha, con rendimiento superior al promedio mundial (600 kg/ha). Específicamente, las condiciones regionales del cultivo de caupí se asocian con baja escala en lotes de 0,1 a 1 ha (Araméndiz & Espitia, 2011).

Taxonomía y clasificación

El frijol caupí es un cultivo semestral herbáceo altamente variable en su germoplasma, pues se presentan diferencias en cuanto al hábito de crecimiento, el color de flor y semilla, y la sincronía y duración de la floración. Se han identificado en la especie los tipos arbustivos: semiarbustivos y rastreros. La planta del frijol caupí se caracteriza por tener flores blancas, cremas, moradas y amarillas; además, sus semillas son blancas, rojas, negras, cremas, jaspeadas, con hilum blanco y negro, y su floración es sincronizada y escalonada (Peters et al., 2006).

El género *Vigna* ha sido sometido a cambios y reestructuraciones taxonómicas, las más recientes fueron detalladas por Ehlers y Hall (1997) y Schrire, Lewis, & Lavin (2005). Cerca de la mitad de las 99 especies existentes son nativas de África y otro número importante de ellas proviene de la India y algunos países asiáticos (Maxted et al., 2004; Naab, Chimphango, & Dakora, 2009). Diferentes registros describen la clasificación taxonómica de la especie (CIAT, 1984) (figura 62).

Reino	•Plantae
División	•Magnoliophyta
Clase	•Magnoliatae
Orden	•Fabales
Familia	•Fabaceae
Género	• <i>Vigna</i>
Especie	• <i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp

Figura 62. Taxonomía de *Vigna unguiculata*.

Fuente: Elaboración propia

Descripción botánica

Los cultivares asociados al género *Vigna* son en su totalidad de naturaleza herbácea, presentan hojas compuestas trifoliadas, con estipulas visibles, con flores amarillas que pueden desarrollarse a partir del punto de unión de la hoja y la rama. El pedúnculo generalmente axilar es alargado; las flores y sus bracteolas son pequeñas, dispuestas en racimos, algunas veces capituliformes, y presenta arriba dos cálices, estambres inclinados, con torsión basal articular. Las alas se tuercen sobre sí mismas, tienen estambre suelto y vexilar, algunos con forma de cono, pero todos con anteras uniformes; el ovario es fusionado y el estilo es filiforme; estigma oblicuo, legumen linear con un par de valvas discontinuas, en la zona posterior de la semilla, semillas subcuadradas, redondeadas, alargadas e hilum pequeño. Las estipulas son producidas en la base de los puntos de inserción. En cuanto a las semillas de las plantas de Colombia, estas son blancas, crema, rojas y negras. Alrededor de 40 especies conforman el género, y pueden encontrarse en los trópicos de ambos hemisferios; algunas de estas están en centro y sur América en su forma adaptada (Standley & Steyermark, 1978).

Sistema radical

El sistema radicular de *Vigna* presenta raíces profundas de tipo pivotante, que pueden alcanzar hasta 1,95 m de longitud; cuentan con abundantes ramificaciones laterales que pueden alcanzar una longitud de 1,40 m, lo cual les proporciona una gran ventaja en cuanto a la absorción de agua y nutrientes, en comparación con los frijoles comunes (Sarco, 2015). En sus raíces crecen nódulos que son protuberancias formadas por la asociación endosimbiótica con bacterias del género *Bradyrhizobium*, que fijan el nitrógeno atmosférico en amonio y este último es aprovechado por la planta (Cuadrado et al., 2009). Al igual que en otras leguminosas, incluido el frijol común, la arquitectura, densidad de las raíces y su relación con el área foliar constituyen un indicador de la tolerancia al déficit hídrico (Matsui & Singh, 2003).

Tallo

Los tallos presentan interior hueco y un color variable, al igual que el número de entrenudos; son casi cilíndricos porque evidencian bordes suaves y no pubescentes (Asociación de Productores Agropecuarios del Distrito de Morropón [Aspromor], 2012) (figura 63).



Foto: Banco de imágenes de AGROSAVIA

Figura 63. Frijol caupí en monocultivo en Córdoba.

Hábitos de crecimiento

En frijol caupí pueden presentarse tres tipos de crecimiento: arbustivo, semiarbustivo, semipostrado y postrado. El arbustivo tiene el menor tamaño de planta, con valores superiores a 0,25 m y 0,8 para los tipos semipostrados (Aspromor, 2012) (figura 64).

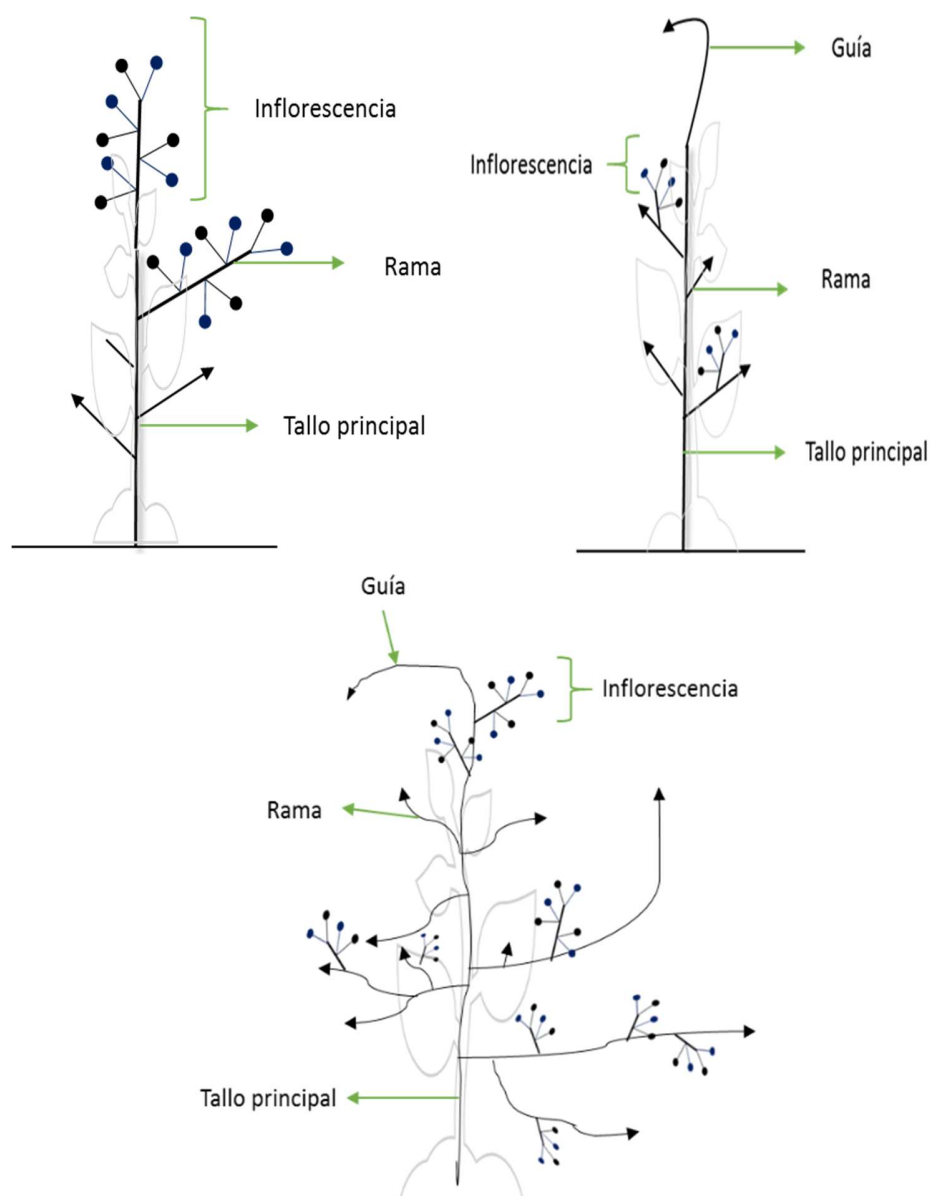


Figura 64. Hábitos de crecimiento del frijol caupí. a. Determinado arbustivo; b. Indeterminado arbustivo; c. Indeterminado postrado.

Fuente: Elaboración propia, a partir de Pontificia Universidad Católica de Chile (s.f.)

Ramas

La ramificación se inicia generalmente en la primera axila de la primera hoja trifoliada y continua hacia la parte alta; en este punto, en general, se forman las dos primeras ramas. Las ramas más importantes son las que se derivan de los nudos superiores del tallo central, pues son las de mayor contribución al rendimiento de la planta, (Federación Nacional de Cerealistas y Leguminosas [Fenalce], 2013).

Hojas

Al igual que en el frijol común, en caupí se identifican dos tipos de hojas: las simples, que corresponden a las hojas cotiledonales, y las compuestas, que se refieren a las hojas verdaderas. Existe variabilidad en la forma de los folíolos que componen las hojas compuestas del caupí, ya que pueden presentarse ovalados, lineales y lanceolados. La disposición foliar fue sujeto a cambios durante el proceso de domesticación, pues los materiales silvestres son de tipo plano y en los cultivados se presenta la forma erecta. La producción de biomasa foliar es alta en la planta, lo que fundamenta su utilización como forraje. También su aporte de materia orgánica al suelo es significativo, ya que presenta una alta tasa de abscisión foliar una vez que las vainas inician su maduración (Aspromor, 2012).

Flor

Las flores están agrupadas en inflorescencias simples de ramilletes florales, cuyo color varía entre amarillo (fase inicial) y blanco (flor abierta). Estas nacen de múltiples racimos entre 8 y 20 cm de longitud, donde cada racimo está sujeto a un largo pedúnculo, característica propia del caupí; además, permite cosechar la semilla de manera sencilla. Es una especie generalmente autógama (se autopoliniza) (95 %), aunque se ha identificado polinización entomófila en un rango máximo de 5 %, (Aspromor, 2012).

Fruto

De acuerdo con la variedad, la planta puede producir vainas rectas o curvas con tamaños y diámetros variables entre 10-25 cm y 1,5-3,0 cm, respectivamente. Es posible que la coloración de las vainas sea de un solo tono o que presente jaspeados con diversas tonalidades de rojo, dispuestos en las suturas o las valvas. La adherencia de las valvas también evidencia diversidad, dado que algunas variedades

se adhieren al pedúnculo en ángulos agudos hasta rectos, de forma erecta o colgante. El llenado de las vainas puede durar de 20 a 25 días (Aspromor, 2012).

Semilla

Al igual que los otros descriptores, la semilla de caupí presenta una alta variabilidad en color, tamaño, textura y forma. A nivel morfológico, la semilla está constituida por la testa, los cotiledones, el embrión y el micrópilo (Aspromor, 2012).

Recurso genético, variedades y valor nutricional

El frijol caupí es una especie leguminosa que se cultiva ampliamente para alimentación animal, hortaliza o grano. Se han realizado varios estudios de diversidad genética de *Vigna unguiculata* y sus subespecies relacionadas mediante *Amplified Fragment Length Polymorphism* (AFLP) y *Simple Sequence Repeat* (SSR), gracias a los cuales se han encontrado patrones específicos que diferencian entre sí cada subespecie (Gillaspie, Hopkins, & Dean, 2005). Sin embargo, existen resultados divergentes respecto a la variabilidad intrínseca al germoplasma de caupí, pues la colección nacional de Venezuela (33 genotipos) realizada mediante marcadores RAPD generó un análisis de conglomerado que dividió los genotipos en dos grandes grupos y cuatro subgrupos, por procedencia geográfica y algunos por color de semilla. Los índices de diversidad genética de Shannon (H) y de Margaleff (L.) establecieron que la diversidad entre los genotipos fue baja (Russo, Salazar, Higuera, Castro, & Vásquez, 2015).

Por otro lado, estudios recientes revelaron que los rasgos relacionados con la domesticación están controlados por algunos loci de rasgos cuantitativos (QTL) importantes y muchos QTL menores. La comparación de estos resultados con otras especies de *Vigna* domesticadas mostró similitud con el frijol azuki, pero también diferencias con el frijol de arroz. El alto contenido de genes en el género *Vigna* permitió la comparación de QTL entre el grano de habichuela larga y el frijol azuki, el frijol de arroz, el frijol mungo y el caupí. Los principales QTL en el frijol de habichuela larga se encontraron en LG7, mientras que los de azuki *bean* estaban en LG9 y para el frijol de arroz, en LG4. Algunas regiones genómicas

para la dormancia de la semilla, la dehiscencia de la vaina y el tamaño de la semilla y la vaina se conservan entre la habichuela larga y el frijol azuki o el de arroz: otras para el tamaño de la semilla se conservan entre habichuela larga, el frijol caupí o el frijol mungo (Kongjaimun et al., 2012a).

Variedades locales y mejoradas de frijol en el Caribe húmedo colombiano

En el caso del frijol caupí, este cultivo bajo esquema de tecnificación se ha propuesto como alternativa de rotación para el cultivo de arroz en el departamento de Sucre (Chiquillo Romero, 2017). En los otros departamentos del Caribe húmedo se cultiva con nivel de tecnificación entre bajo e intermedio en predios pequeños. En los mercados locales, almacenes regionales y nacionales de cadena se identificaron diversos tipos de grano como el rojo, negro, blanco y cabecita negra, y en las entrevistas de consumo no se evidenció preferencia del tipo de frijol para alguna preparación específica. Por otro lado, se registra la compra y el consumo semanal de este producto en al menos un kilogramo y la diversidad de variedades locales con multiplicidad de colores desde negro, rojo, blanco, crema, cabecita negra; sin embargo, se resalta el cuarentano, un frijol rojo pequeño con un ciclo productivo muy corto de alrededor de 40 días, muy diseminado en Montes de María (figura 65).



Foto: Andrea López

Figura 65. Frijol caupí tipo cuarentano. Barrancas, La Guajira.

Para la subregión Caribe húmedo, se realizó el registro ante el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) de la variedad Caupicor 50, liberado por la Universidad de Córdoba y cuya selección se hizo a partir de nueve genotipos de frijol caupí, en seis ambientes representativos del Caribe húmedo en dos años, con base en parámetros de adaptabilidad y estabilidad. La evaluación agronómica de los genotipos se realizó bajo un diseño de bloques completamente al azar, con nueve tratamientos y cuatro repeticiones en todos los ambientes. Se evaluó rendimiento de grano, número de granos por vainas y peso de 100 semillas. El análisis de varianza combinado detectó diferencias altamente significativas ($p < 0,001$) entre ambientes, genotipos e interacción genotipo x ambiente para las tres variables estudiadas. Además, se identificó el genotipo L-042 como el de mejor estabilidad y adaptabilidad para las condiciones ambientales evaluadas con rendimientos superiores a 1000 kg/ha, y esto permitió la liberación del genotipo L-042 como nuevo cultivar, denominado Caupicor 50 (Araméndiz, Espitia, & Cardona, 2017).

Valor nutricional

Calidad culinaria y sensorial

Se han realizado estudios para definir los parámetros genéticos, heredabilidad y número mínimo de genes relacionados con el control del contenido de proteína total en la semilla en frijol caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), que indican que es posible optimizar el contenido de proteína mediante mejoramiento convencional; asimismo, muestran la importancia de los efectos genéticos aditivos y el promedio de los parentales sobre los valores alcanzados por la progenie, en los que se identificaron plantas hasta de 34 % de contenido total de proteína (Fernandes Santos, Campos da Costa, da Silva, & Silva Boiteux, 2012).

Calidad y contenido nutricional del frijol caupí

Se utiliza para la alimentación humana y animal, y se han realizado diversos estudios para conocer su aporte nutricional. La planta presenta gran calidad para la utilización del forraje y el grano, pues alcanza alrededor del 20% de proteína foliar y hasta el 26 % en el grano. Además, la calidad de su proteína es alta gracias a la diversidad de aminoácidos esenciales y minerales (Peters et al., 2006).

En el Caribe húmedo se ha identificado un subconsumo de alimentos generalizado y se calcula que, en promedio, el consumo diario de calorías es inferior en 18,7 %; por esta razón, es necesario conocer las características bromatológicas y factores antinutricionales de materias primas que componen la canasta básica regional. La Universidad de Córdoba realizó una investigación con el objetivo de seleccionar genotipos élite basados en contenido de proteínas y minerales, a partir de una población derivada de cruzamientos dirigidos (Araméndiz, Cardona, & Combatt, 2016).

La alta heterogeneidad observada en variables como proteína, calcio, magnesio y potasio, indican la oportunidad de aplicar mejoramiento convencional para lograr genotipos superiores a nivel nutricional (Araméndiz et al., 2016). Como resultado de este estudio, se caracterizaron nutricionalmente 43 genotipos de frijol caupí y se cuantificó el ácido fítico de los mejores cultivares, a partir del fósforo orgánico y suponiendo que una molécula de este ácido contenía seis moléculas de fósforo, en relación con el contenido de proteína y minerales. Los genotipos evaluados presentaron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) en el contenido de fósforo y sus valores variaron de $4,64 \% \pm 0,43$ a $5,69 \% \pm 0,38$. El testigo local Córdoba presentó la mayor acumulación de ácido fítico ($12,267 \pm 2,15$ mg/g) y la variedad L042 el más bajo ($9,630 \pm 1,725$ mg/g), lo que sugiere un incremento a mejoría en la biodisponibilidad de los micronutrientes minerales. El contenido de proteína tuvo una dispersión entre $22,05 \% \pm 0,82$ a $26,90 \% \pm 1,76$. La concentración de hierro fluctuó entre $59,54 \% \pm 24$ y $77-177,90 \% \pm 122,20$. En concentración de zinc, las variedades no exhibieron diferencias significativas ($p \geq 0,05$), y fluctuaron entre $43,46 \% \pm 4,75$ y $53,38 \% \pm 10,81$.

El cultivar L-042 alcanzó los mejores atributos nutricionales y menor acumulación de ácido fítico, como componente antinutricional, lo cual lo prioriza para sustituir las variedades locales de frijol caupí consumidas actualmente en la zona (De-Paula, Jarma-Arroyo, & Aramendiz-Tatis, 2018). Con el objetivo de conocer el valor nutricional del caupí se realizaron pruebas de digestibilidad, crecimiento y retención proteica en ratas, para encontrar el nivel óptimo de inclusión y el tipo de tratamiento térmico del grano. La caracterización nutricional del grano caupí (*Vigna unguiculata*) se realizó mediante ensayos de digestibilidad *in vivo*, pruebas de crecimiento y retención proteica en las ratas. Un total de 36 ratas (50 g peso corporal, 6/tratamiento) se alimentó por 28 días, y se observó que se pudo alcanzar una mejor utilización de la proteína del caupí después de la cocción por cinco minutos. El caupí puede llegar a sustituir hasta el 50 % de la proteína de la torta de soya, sin deteriorar el desempeño productivo de los animales (Aguirre, 2009).

Por otro lado, se comparó la harina de frijol guandul (*Cajanus cajan* L.) con el frijol caupí, y se encontró que los niveles de proteínas son altos en ambas especies; sin embargo, el nivel proteínico de guandul fue inferior al de caupí, con 18 % y 25 % respectivamente; de igual forma, el contenido de potasio fue superior en guandul respecto al caupí, con 1704 mg/100g de harina y 1399 mg/100g de harina, respectivamente. Además, el contenido de calcio varió entre 24 y 60 mg/100g de harina, y la suma de aminoácidos esenciales fue similar al perfil referido en soya. En general, los resultados alcanzados evidencian el potencial de estas especies con alta adaptación local, para sustituir total o parcialmente la harina de soya en la alimentación de humanos (Miquilena & Higuera Moros, 2012).

Recomendaciones técnicas de manejo

En Perú, uno de los principales exportadores de caupí, el rendimiento nacional es de 1,2 t/ha. Existen programas para incrementar su área debido al corto periodo vegetativo del cultivo, su baja exigencia de agua y demanda de mercado segura. Así, se recomiendan suelos con buen drenaje, textura franca (arcillo-areno-limoso) y profundos, con buen contenido de materia orgánica y libres de salinidad, y con temperaturas óptimas de crecimiento entre los 18 °C y los 27 °C (Torres & Berrú, s.f.) (figura 66).



Foto: Yanine Rozo L.

Figura 66. Frijol caupí, Carmen de Bolívar, Bolívar.

Preparación del terreno

El rango de adaptación del caupí a los regímenes hídricos es amplio, pues produce sin limitación en zonas con precipitaciones desde 700 hasta 2000 mm anuales en rangos altitudinales, desde la altura del mar hasta climas medios (1600 m s. n. m.). La calidad física del suelo condiciona su productividad, ya que en suelos arcillosos la planta privilegia la producción de biomasa respecto al grano y en suelos arenosos sucede lo opuesto. En suelos planos el caupí responde en rendimiento y sanidad a la preparación mecanizada del suelo, pero en la subregión Caribe húmedo, ya que el tamaño pequeño de los predios, la mecanización no es generalizada (Peters et al., 2006).

Siembra: épocas y sistemas

El caupí responde bien al monocultivo y también a la siembra, en asocio con cultivos semestrales como yuca y maíz. El sistema convencional de siembra refiere distancias

entre plantas de 0,1 m y entre surco 0,4 m, lo cual requiere la disponibilidad de 20-25 kg/ha de semilla de acuerdo con su calidad (Peters et al., 2006).

En cuanto al área de siembra del caupí, el productor visitado en Carmen de Bolívar confirmó lo indicado en los talleres de consenso realizados en el Caribe húmedo, al afirmar que:

No sembramos cantidades, sino por lo menos un cuarterón. Nosotros hemos sembrado hasta dos hectáreas, y todo eso lo vendemos en la carretera, porque nosotros hemos llegado a sacar 450 mazos así verdes, y todos los vendíamos a diario [...] entonces si uno siembra el pequeñito ese, el que uno llama aquí arbolito, el cuarentano ese lo sembramos siempre es para final ya de noviembre, a finales de octubre o principios de noviembre porque ese es una sola cosecha... es rojo, pero entonces es de arbolito (ICA calamari, arbolito cuarentano, a los 55 días ya hay producción).

Fertilización

Un 23 % de los productores de frijol caupí afirma que no fertilizan, mientras que el 69 % utiliza fertilizante químico; el 5 %, combinación química, y el 3 %, orgánica. En este sentido, el cultivo se desarrolla de forma apropiada en suelos fértiles y medianamente fértiles; en el caso de suelos pobres, es necesario el aporte de fósforo y potasio para no afectar el rendimiento del material (Peters et al., 2006).

Riego: fuentes hídricas y tipo de riego

En cuanto al frijol caupí, un menor número de productores lo siembra sin sistema de riego (28 %), otros aplican riego por gravedad (45 %); otros (10 %), aspersión; goteo (5 %) y goteo manual (6 %), y otro tipo de riego (6 %) (AGROSAVIA, 2018). Hay estudios que han identificado el efecto de la restricción hídrica durante la fase reproductiva del cultivo sobre los factores de rendimiento. Durante este periodo, el estrés hídrico puede ocasionar reducciones del rendimiento hasta del 50 % en algunos cultivares. La sequía continua afecta la fotosíntesis, que declina completamente después de 15 días, lo cual corresponde

a suelos con contenidos de humedad inferiores al 40 % de la capacidad de campo. El estrés hídrico en caupí afectó la proporción de la clorofila *a*, respecto a la *b*, y la hizo más baja; además, se incrementó la concentración malondialdehído (Cardona, Jarma, Araméndiz, Peña, & Vergara, 2014).

Malezas

El frijol caupí registra un control manual de arvenses superior al de la habichuela, con 46 %, 28 % de control químico, 23 % de la combinación de mecánico, manual y químico. Aunque no se registró en los resultados de las encuestas el uso de extractos para el control de arvenses, la Universidad del Atlántico refiere que algunos extractos de arvenses acompañantes, como frijol de playa (*Canavalia rosea*), utilizadas tradicionalmente para inhibir la germinación de otras arvenses, también pueden afectar la germinación y generar toxicidad sobre plantas cultivadas como frijol caupí, maíz y tomate (Coronado Coronado & Herrera, 2014).

Investigaciones realizadas en otras zonas productoras de frijol caupí demostraron que el tiempo crítico de competencia de arvenses bajo sistema monocultivo y riego por goteo, se concentra entre la tercera y sexta semana después de la emergencia de la semilla. También se cuantificaron las pérdidas ocasionadas por la presencia de arvenses, y se encontró que la disminución del rendimiento del grano de frijol con el tratamiento con control de arvenses hasta la novena semana fue de tan solo el 3 %; mientras que, bajo un control hasta la sexta semana, se registró una pérdida de 51,73 %. Asimismo, la presencia de malezas durante todo el ciclo del cultivo provocó una pérdida de 81,8 % (Cerna & León, 2015).

Plagas

Para el control de plagas, algunos de los productores encuestados utilizan insumos de síntesis química (80 %), mientras que un porcentaje muy bajo aplica insecticidas botánicos y se estima que menos del 10 % de los productores no hace aplicaciones de ningún tipo. En el Caribe húmedo, en el cultivo de frijol caupí, se ha indicado el ataque de artrópodos de importancia económica, como

el grillo (*Brachystola magna*), cogollero (*Spodoptera eridania*), falso medidor (*Trichoplusia ni*) y el gusano terciopelo (*Anticarsia gemmatilis*), Para su control, se han sugerido algunas estrategias, las cuales se muestran en la tabla 9.

Tabla 9. Plagas de importancia económica registradas en frijol caupí

Insecto	Control químico	Control mecánico	Etapas fenológicas
Gusano tierrero	Fipronil		V4
Gusano falso medidor	Tiametoxam + Lambdacialotrina	Trampas de caída	R5
Gusano terciopelo	Clorpirifos	Trampas de caída	R7-R8
Gusano cogollero	Dimetoato	Trampas de caída	R9

Fuente: Castro (2017)

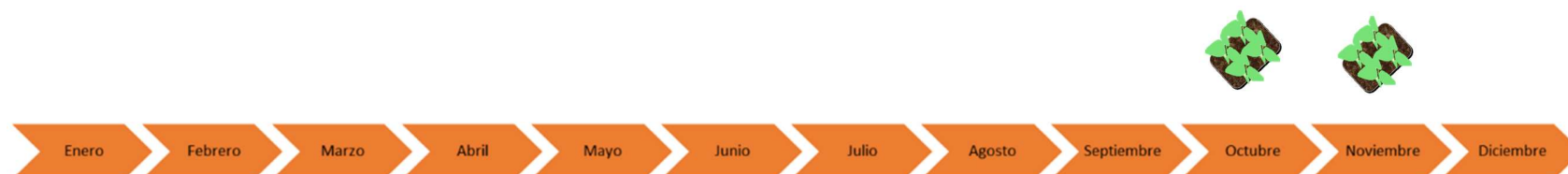
Sin embargo, otros estudios han reportado que los problemas más comunes en el frijol caupí son *Diabrotica* spp., mosca blanca (*Bemisia tabaci*), *Spodoptera exigua*, *Estigmene acrea*, *Heliothis* spp., hormigas, picudo de la vaina (*Apion golmani*). Un elemento importante es que las *Vigna* no son tan apetecidas por las babosas; sin embargo, el grano almacenado es susceptible al ataque del gorgojo (Binder, 1997) (tabla 10).

Como métodos generales de control de plagas se sugiere buena preparación de suelos, fertilización adecuada, abonamientos, riegos y deshierbes oportunos; colocación de trampas amarillas fijas y móviles; eliminación de plantas afectadas; uso de semilla certificada, y protección de enemigos naturales de las plagas mediante la aplicación selectiva de productos químicos (Asopromor, 2012).

Enfermedades en frijol caupí

De acuerdo con los resultados de los talleres de consenso, en frijol caupí el 37 % de los productores no controla enfermedades, mientras que el 51% utiliza control químico, y el 12 %, control biológico. En frijol común, el 44 % no realiza control de enfermedades; el 44 % sí hace control químico, y el 12 % control biológico. La fusariosis y la antracnosis fueron las enfermedades más importantes y comunes a los tres tipos de frijol identificados en Caribe húmedo (Arrieta et al., 1999; AGROSAVIA, 2018) (tabla 10).

Tabla 10. Tecnología local de producción del cultivo de frijol caupí *Vigna unguiculata* en Caribe húmedo



Fechas de siembra



Ciclo productivo: 90-120 días en un ciclo de siembra anual

Continuación tabla 10

Zonas de producción	Córdoba, Sucre, Bolívar	Riego	Gravedad, solo precipitación
Acondicionamiento del terreno	Recolección de residuos agrícolas, quemas químicas, despalite y trazado	Control de arvenses	manual, mecánico + químico + manual, químico*
Preparación del suelo	Manual, maquinaria o no hay preparación	Fertilización	Química. química, urea y triple 15 o no fertiliza*
Siembra	Directa	Control plagas y enfermedades	Químico
Semilla	Criolla, producida en ciclos anteriores; certificada*	Cosecha	Manual en verdeo, corte a machete de la planta para obtención de grano seco
Distancia de siembra	0,8 m x 0,6 m	Rendimiento promedio	1,6 t/ha
Sistema de siembra	Monocultivo o asociado con maíz	Actividades poscosecha	Clasificación y empaque
Labores culturales	Retiro de desechos, aporque, deshierba	Presentación para venta	Atado de 0,5 kg para vainas; bulto 50 kg grano

Fuente: Elaboración propia

Cosecha

En el caso de frijol caupí la cosecha se realiza según se vaya a aprovechar la vaina “verdeo” o el grano seco. Respecto al aprovechamiento de la vaina, esta se cosecha cuando aún no están pronunciadas en la vaina las constricciones de las semillas (AGROSAVIA, 2018) (figura 67); mientras que la cosecha del grano se realiza cuando las vainas pierden su succulencia y la planta está amarillenta. Sin embargo, a diferencia del frijol común, en algunas ocasiones en frijol caupí debe cortarse el brote con machete, pues la raíz permanece fuertemente adherida al suelo (AGROSAVIA, 2018) (Araméndiz et al., 2003). El beneficio del grano se realiza de modo similar a lo registrado en frijol común tipo arbustivo (Román & Arias, 1995).

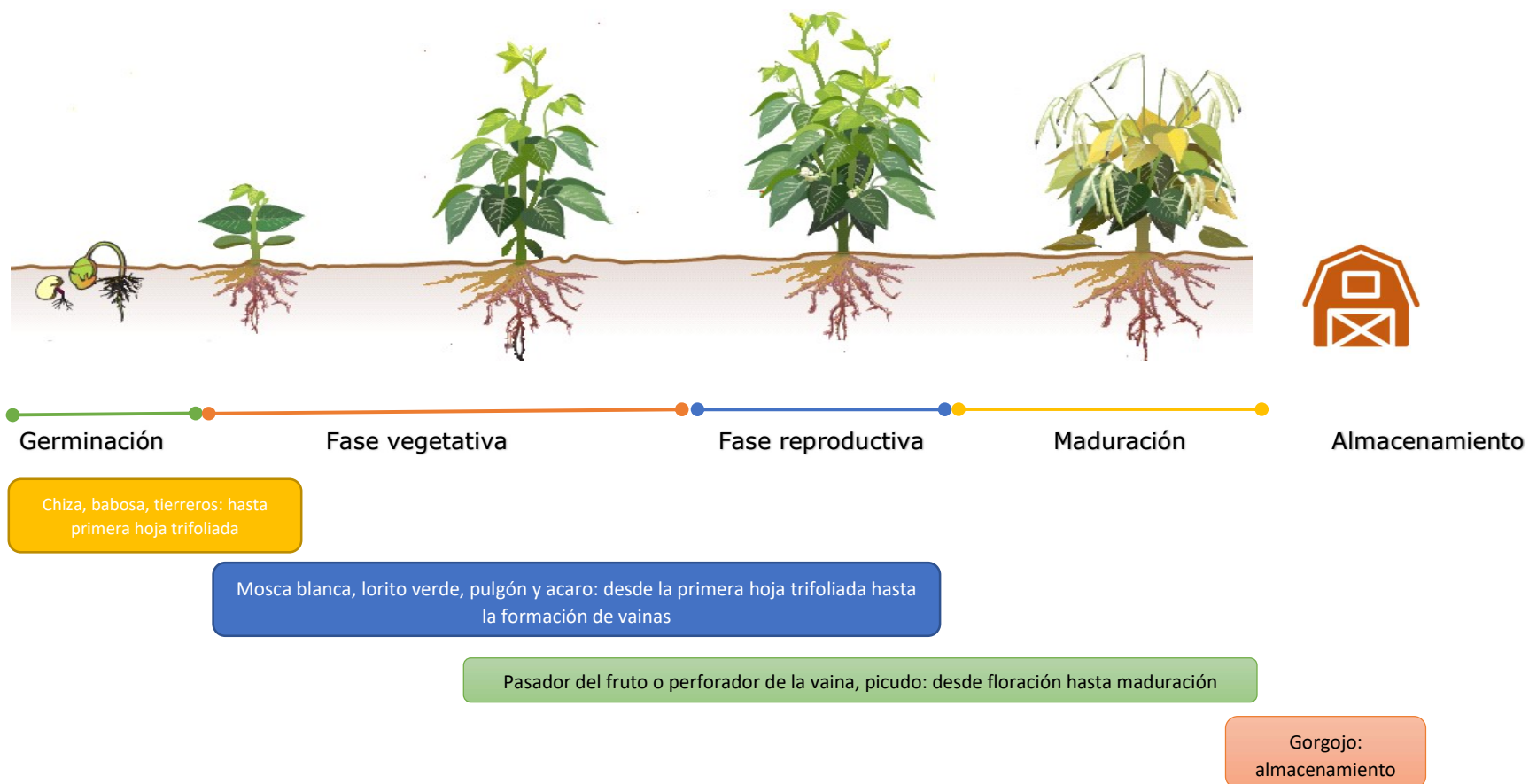


Foto: Yanine Rozo L.

Figura 67. Frijol caupí para venta al verdeo, Carmen de Bolívar, Bolívar

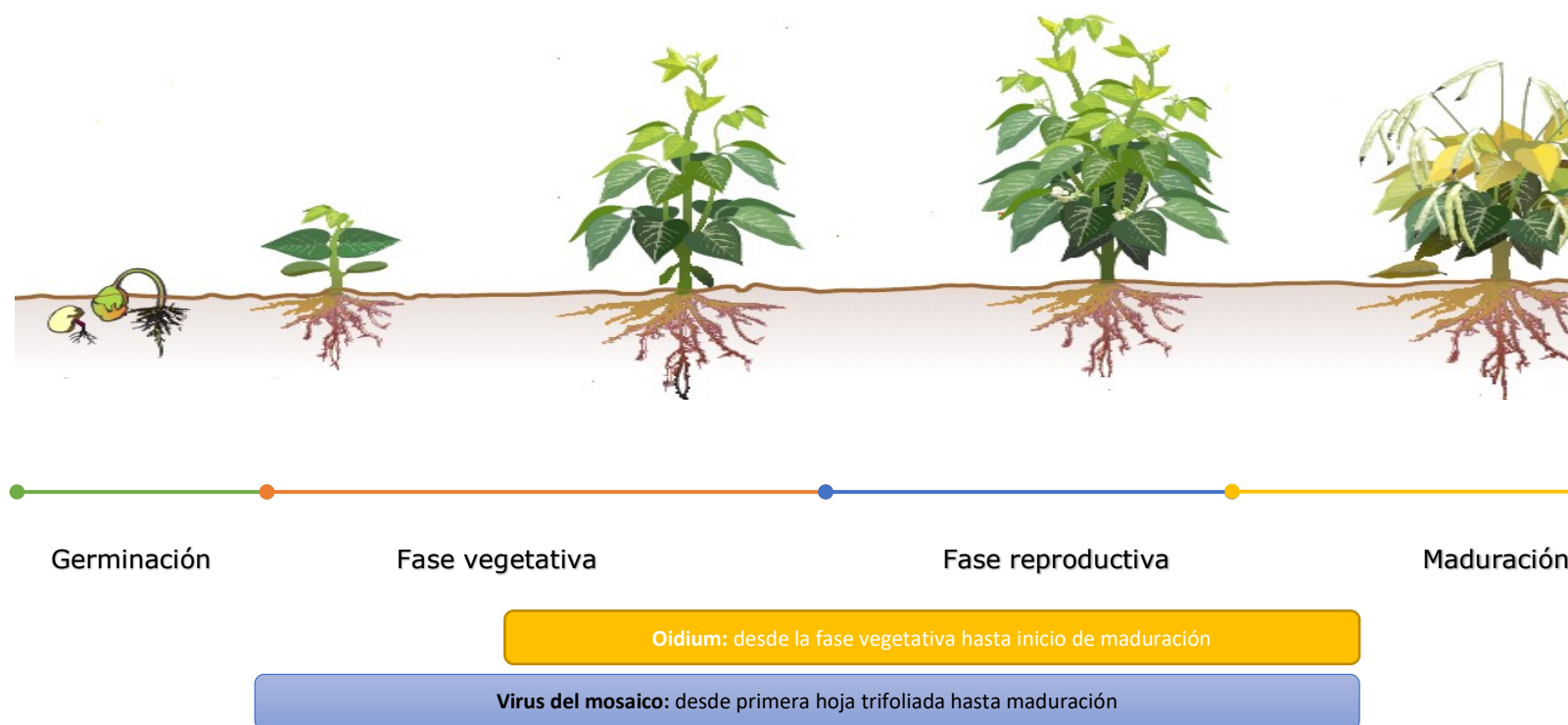
En los cultivos de corta duración como el frijol caupí, las labores culturales deben aplicarse en el momento oportuno para evitar disminuciones en el rendimiento; atendiendo a la fase de desarrollo, deberán realizarse determinados trabajos; por ejemplo, el control de arvenses es indeseable después de la floración, pues produce caída de flores y vainas en formación. La sincronía entre las labores culturales del caupí incluidas en la tecnología local de producción y las etapas de desarrollo se describe en la tabla 10. También, se ha encontrado para las condiciones agroecológicas del Caribe húmedo que algunas plagas y enfermedades tienen mayor incidencia en ciertas etapas de desarrollo en las *Vigna*; por esta razón, es importante realizar en el lote monitoreos enfocados a cada especie plaga, según el momento de desarrollo del cultivo para identificar el tiempo adecuado de control de acuerdo con los sugerido en las tablas 11 y 12.

Tabla 11. Plagas según etapa de desarrollo del ciclo de cultivo de frijol caupí, *Vigna unguiculata*, Walp



Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. Principales enfermedades registradas en Caribe húmedo, señaladas según su aparición en las etapas de desarrollo del cultivo de frijol caupí, *Vigna unguiculata*, Walp.



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los talleres de consenso, la tecnología local de producción de frijol caupí representativa de la zona corresponde a lotes de área máxima de 2 ha, al uso generalizado de semilla no certificada y a la preparación manual de lotes, pues la mecanización no es generalizada. Así, el 69 % de los productores utiliza fertilizante químico; el 72% emplea riego, y el sistema por gravedad es el más usado. El frijol caupí registra un control manual de arvenses superior al de la habichuela, con 46 %. Respecto al control de plagas, los productores encuestados utilizan insumos de síntesis química (80 %), al igual que en el control de enfermedades, donde el 51 % usa control químico. En cuanto a la cosecha, esta se hace manualmente para aprovechamiento a verdeo de las vainas o corte a machete de las plantas para así beneficiarse con el grano seco (tabla 10).

La tecnología local de producción descrita para frijol caupí presenta puntos críticos similares a los mencionados en frijol común, aunque se destaca una menor aplicación de labores culturales al cultivo respecto al frijol común. Esto podría explicarse gracias a la mayor rusticidad del caupí, lo cual se traduce en su tolerancia a suelos pobres, presiones bióticas y abióticas. Esto último se refleja en rendimientos moderados, aún a pesar de la baja tecnología aplicada en la zona (Gómez Padilla et al., 2013; Obando, 2012).

Algunos elementos críticos de la tecnología local, comunes a lo evidenciado en frijol común, son el poco acceso a la asistencia técnica para evitar la baja eficiencia en el uso de agroinsumos y agua; la pérdida de la diversidad genética en el agroecosistema y de la fertilidad del suelo por fertilización inadecuada; el uso de semilla de baja calidad que disemina plagas y enfermedades; el bajo laboreo y uso de residuos como cobertura, lo cual favorece la erosión y la continuidad de los ciclos de plagas y enfermedades en el suelo y el cultivo, cuyos principales agentes y épocas de aparición en el cultivo se identifican en las tablas 11 y 12.

Finalmente, en frijol caupí pueden obtenerse diferentes opciones de aprovechamiento, pues según la demanda es posible cosechar vainas verdes o grano seco, lo cual favorece el flujo de caja de la familia. Una visión integral del sistema de producción identificado sugiere un fuerte arraigo en la agricultura

convencional. La conversión hacia un sistema productivo con menor impacto ambiental, que mejore la sanidad del cultivo y la calidad del suelo, se consigue apropiando a través de la transferencia de tecnología los fundamentos prácticos de la agroecología, donde el gran reto está en el monitoreo de la calidad del suelo en el tiempo y la validación de controles mixtos químicos-biológicos para mejorar la sanidad del agroecosistema (Altieri & Nicholls, 2002).

Capítulo V

Habichuela larga, *Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis* (L.) Verdc

Las leguminosas cultivadas se diferencian de las silvestres por la pérdida de la dehiscencia y por el nivel de fibrosidad. Esta modificación de las características iniciales de los materiales silvestres se ha realizado a partir del proceso de domesticación, en el cual durante múltiples generaciones se seleccionan los caracteres deseables en el caso de los frijoles caupí, la selección se enfatizó en el tamaño del grano y su rendimiento; mientras que en la habichuela larga, la domesticación de las plantas se encaminó en la selección de ausencia de dehiscencia, tamaño pequeño de semilla e incremento en la carnosidad de la vaina.

Origen, taxonomía, clasificación, descripción botánica y ciclo del cultivo

Este tipo de fabáceas de enredadera y ciclo anual producen múltiples cosechas, encontrándose permanentemente en floración y debido a su centro de domesticación en zonas cálidas tropicales de Asia, su adaptación a las condiciones ambientales de las sabanas del Caribe húmedo, ha favorecido su arraigo entre los pueblos ancestrales y los grupos humanos de menor capacidad productiva.

Origen

Vigna unguiculata subsp. *sesquipedalis* es una planta nativa del sureste de Asia, cultivada para consumo de la semilla y sus partes verdes (vainas y hojas) (Standley & Steyermark, 1978). Es una subespecie que se adapta bien a altitudes bajas y altas, y soporta los cambios de temperatura y humedad (López, 1999).

Este cultivo se encuentra ampliamente distribuido en los trópicos, subtrópicos y en regiones templadas, siendo mayoritario en América Latina y diferentes partes de África, donde resulta una alternativa viable para los agricultores de estos países, por la posibilidad de manejar costos relativamente estables, por su contenido nutricional y su demanda por parte de los consumidores (Nápoles-Vinent, Garza-Borges, & Reynaldo-Escobar, 2016).

Clasificación

Cronquist (1982) presentó la clasificación botánica de esta planta leguminosa del género *Vigna*, y se describe en la figura 68.

Reino	•Plantae
División	•Magnoliophyta
Clase	•Magnoliatae
Orden	•Fabales
Familia	• Fabaceae
Género	• <i>Vigna</i>
Especie	• <i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp
Subespecie	• <i>sesquipedalis</i>

Figura 68. Taxonomía de *Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis*.

Fuente: Elaboración propia

Descripción botánica

Vigna unguiculata subsp. *sesquipedalis* (L.), es una planta resultado de un doble proceso de domesticación, que privilegió la obtención de vainas largas y suculentas, con longitudes hasta de 0,3 m. La habichuela larga presenta solamente hábito de crecimiento voluble, con longitud del tallo central superior a 2 m, debido a su alto número de nudos, que logra llegar a 30. Su hábito de crecimiento puede utilizarse para su asocio con maíz o yuca. La floración

continua de la planta trae como consecuencia la presencia de vainas en diferentes estados de desarrollo después de los 50 días y la necesidad de realizar varias cosechas, porque el efecto del arranque de la vaina induce la producción de una nueva flor en el mismo sitio. También se ha referido variabilidad en el color de las vainas, desde blanco, hasta amarillo y verde (Guerra, 2015).

Hábito de crecimiento

El hábito de crecimiento corresponde al tipo IV, indeterminado trepador (figura 69).

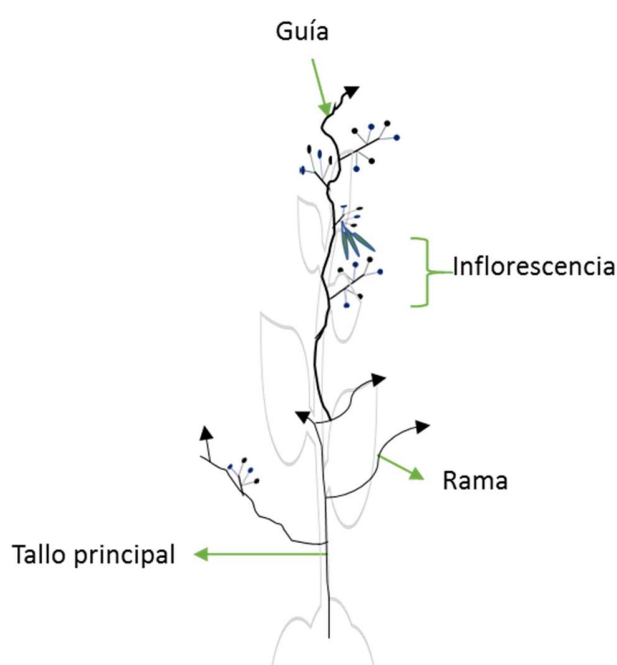


Figura 69. Hábito de crecimiento indeterminado trepador.

Fuente: Elaboración propia, a partir de Pontificia Universidad Católica de Chile (s.f.).

Recurso genético, variedades y valor nutricional

La domesticación de la habichuela larga ha resultado en una longitud de aproximadamente ocho veces mayor en la longitud de la vaina. A esta también se lo conoce como frijol espárrago, frijol de cadena, frijol de serpiente y sitao. A diferencia de otros cultivos de *Vigna*, que se cultivan principalmente para semillas,

el frijol de yarda larga se cultiva más que nada para obtener vainas crujientes y tiernas, que se consumen tanto frescas como cocidas. Se cree que la habichuela larga ha sido domesticada a partir de frijol cultivado en Asia; se cultiva ampliamente como hortaliza en China y en el sur y sudeste de Asia. La habichuela larga se diferenció fenotípicamente como resultado de la selección divergente durante la evolución del cultivo.

El síndrome de domesticación es un conjunto de rasgos morfológicos y fisiológicos que diferencian a los cultivos domesticados de sus antepasados silvestres. Los rasgos relacionados con la domesticación incluyen cambios en la arquitectura de la planta (por ejemplo, no ramificación en maíz, hábito de crecimiento determinado en frijoles); gigantismo en los órganos consumidos de la planta (por ejemplo, tamaño de semilla en frijol); dispersión reducida de semilla (es decir, no desmenuzable o no dehiscente frijol y arroz), y la pérdida de latencia de la semilla. La domesticación de cultivos es un proceso evolutivo acelerado que es el resultado del efecto sinérgico de la selección humana (tanto intencional, como no intencional) y la selección natural (Kongjaimun et al., 2012b) (figura 70).



Foto: Yanine Rozo L.

Figura 70. Longitud de una vaina de habichuela larga, Lorica, Córdoba.

Se han desarrollado estudios para generar mapas de ligamiento que identifiquen QTLs de la longitud de la vaina en la habichuela larga (*Vigna unguiculata* (L.) Walp. subsp. *unguiculata sesquipedalis* ($2n = 2x = 22$), y se encontró uno mayor y seis menores que explican la variación en la longitud de la vaina entre la habichuela larga y el caupí silvestre (Kongjaimun et al., 2012a).

La genética de la domesticación de la habichuela larga (*Vigna unguiculata* (L.) Walp. ssp. *unguiculata* cv-gr. *Sesquipedalis*) es de particular interés, porque el genoma de esta leguminosa ha experimentado una domesticación divergente. Inicialmente, el caupí fue domesticado a partir de caupí silvestre en África; luego, en Asia se desarrolló una forma vegetal de frijol de caupí, de un metro de largo. Se identificaron loci de rasgos cuantitativos (QTL) para rasgos relacionados con la domesticación en habichuela larga y se compararon con QTL reportados previamente en *Vigna*. La mayoría de los rasgos fueron controlados por entre 1 y 11 QTL. Los QTL para rasgos relacionados con la domesticación muestran la ubicación conjunta en varias regiones genómicas estrechas en casi todos los grupos de ligamiento (LG), pero en especial en LG 3, 7, 8 y 11. Los principales QTL se asociaron con tamaños de semilla, vaina, tallo y hoja, ubicados principalmente en LG 7. En estas regiones de cromosomas se sugiere la pleiotropía o un vínculo estrecho de los genes para estos rasgos (Kongjaimun et al., 2012a, 2012b).

En Colombia no se han identificado programas de mejoramiento en el cultivo de habichuela larga; sin embargo, en Centroamérica se ha comprobado que existe en la variabilidad del germoplasma naturalizado la diversidad necesaria para identificar líneas superiores. En Guatemala, se identificaron y recomendaron de acuerdo con la estabilidad en rendimiento los mejores materiales genéticos de habichuela larga (*Vigna sesquipedalis* (L.) Fruwith) para la zona geográfica que comprende los municipios de Olopa, Camotán y Jocotán, Chiquimula. El material QC006 reportó el mayor número de vainas por planta (85), así como el peso de 100 vainas más alto, con 0,853 k. Por su parte, el material M-048 presentó el número más grande de cortes de vainas (8), además del mayor número de vainas por corte (52). En relación con el rendimiento, el material QC-006 mostró el mayor valor, con 3.551.80 kg/ha (Díaz, 2004)

Variedades locales y mejoradas de frijol en el Caribe húmedo colombiano

Adicionalmente, se registró en campo, durante los talleres de consenso y en el mercado, la presencia de habichuela larga, una subespecie derivada del frijol caupí que sufrió un proceso de domesticación secundaria en Asia, en el que se incrementó la longitud de las vainas y su succulencia. El cultivo de esta leguminosa se registró a lo largo de la subregión (tabla 13).

Tabla 13. Área y producción de habichuela larga en la región Caribe

Departamento	Producción total toneladas	Área has.	Participación porcentual producción	Participación porcentual área
Córdoba	21	55	20,0	7,7
Sucre	25	147	23,8	20,5
Bolívar	4	20	3,8	2,8
Atlántico	55	495	52,4	69,0
Total	105	717	100	100

Fuente: AGROSAVIA (2018)

Valor nutricional

La habichuela larga es una planta multipropósito para la alimentación humana y animal, casi la totalidad del brote es aprovechable, pues tanto sus hojas como sus frutos pueden consumirse, a lo largo de su ciclo de vida. Esta característica ha facilitado su adopción por los parceleros y pequeños productores del Caribe húmedo que deben aprovechar al máximo los recursos fitogenéticos disponibles en el entorno.

Calidad culinaria y sensorial

La calidad de la vaina de habichuela larga para la comercialización se ha definido por forma alargada, coloración verde pálida, vainas sin daño mecánico, insectos

o lesiones de enfermedades, forma pareja y sin constricciones propias del crecimiento acentuado de las semillas, raspaduras en la planta o daños físicos durante la cosecha. Mientras se da periodo óptimo de corte, la consistencia de la vaina debe ser carnosa, tierna, jugosa y sin fibra (Díaz, 2004).

Calidad y contenido nutricional de la habichuela larga

La habichuela larga es una planta voluble anual con vainas y hojas comestibles, hojas trifoliadas y flores grandes azul violeta y vainas de gran longitud, que presenta tolerancia a suelos ácidos y con alta temperatura. El contenido nutricional de las hojas depende del estado de madurez y pueden utilizarse como fuente de hierro y zinc, especialmente en estados tiernos (Flyman & Afolayan, 2008) (tabla 14).

Tabla 14. Concentración (en %) de los elementos nutritivos que contienen la vaina y hoja de *Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis* (L.) Fruwirth

	Porcentaje					PPM			
	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn
Vainas	3,51	0,43	2,0	0,69	0,35	10	55	100	45
Hoja	5,28	0,470	3,06	2,63	0,46	10	45	210	100

Fuente: Rodas (2001)

Técnico productivas y recomendaciones técnicas de manejo

La habichuela larga (*Vigna unguiculata* (L.) Walp. ssp. *unguiculata* cv. -gr. *sesquipedalis*) se caracteriza por sus vainas muy largas (30-90 cm de longitud) con semillas generalmente de 8-12 mm de largo (Kongjaimun et al., 2012b) (figura 71).



Foto: Yanine Rozo L.

Figura 71. Cultivo de habichuela larga en Lorica, Córdoba.

Análisis de suelo y preparación del terreno

Se considera que esta especie tiene tolerancia intermedia a la salinidad, por encima del maíz, pero inferior a la cebada, el trigo y el algodón. Sin embargo, la habichuela larga que constituye la subespecie más cultivada debido a la producción de vainas tiernas que se consumen en regiones subtropicales, China y sureste de Asia, es susceptible a la salinidad, pues afecta significativamente su productividad. Para identificar el efecto de la salinidad en el germoplasma de habichuela larga, se llevaron a un sistema de cultivo hidropónico con 75 mM de NaCl plantas de habichuela larga de 14 días después de germinación-ddg por 15 días, y se encontró que la sal ocasionó cambios en morfología y desarrollo de la planta, capacidad fotosintética, integridad de la membrana y el sistema enzimático de protección celular. La sal afectó el crecimiento de las plántulas y redujo su área foliar, contenido de clorofila y proteínas solubles, tasa de asimilación neta y la acumulación de materia seca. En contraste, bajo estrés por sal se elevaron la permeabilidad relativa de la lámina foliar, el contenido de malondialdehído y la actividad enzimática antioxidante (Chen, Tao, Peng, & Ding, 2007).

Siembra: épocas y sistemas

En lo concerniente al sistema de cultivo, se encontró que de la habichuela larga, un 38 % se establece en monocultivo; el 8 % se realiza a través del policultivo; el 6%, de la rotación, y un 50%, del monocultivo y rotación. En Guatemala se registraron distancias de siembra: 1×1 m, $0,5 \times 0,75$ m, y $0,75 \times 1$ m, con rendimientos hasta de 6 t/ha. En la especie, los componentes primarios del rendimiento son vainas por corte, peso de 100 vainas, número de cortes, número de vainas por corte y rendimiento (Otzoy & Esteban, 2004).

Fertilización

El 10 % de los agricultores encuestados no fertiliza; el 55 % utiliza fertilizante químico; el 25 % usa fertilizante químico y orgánico, y el 10 % emplea exclusivamente fertilizante orgánico.

En habichuela larga, se ha comparado el efecto de la fertilización química respecto a la orgánica, y se encontró que, aunque no hubo diferencia estadística significativa en rendimiento, la longitud de la vaina fue mayor bajo la fertilización inorgánica, pero la fertilización orgánica presentó más nodulación radical (Angeli et al., 2016). Por otro lado, se ha verificado el efecto sobre altura de las plantas, el número de hojas, las vainas, la longitud y la masa fresca de las vainas, así como el rendimiento frente a la aplicación de productos bioactivos que contienen reguladores del crecimiento sinérgicos con determinadas fitohormonas que estimulan el enraizamiento, el crecimiento y la diferenciación celular de diferentes especies; además, puede activar los mecanismos de defensa y atenuar el estrés ambiental de las plantas (Nápoles et al., 2016).

De acuerdo con los resultados de los talleres de consenso y encuestas aplicadas en Caribe húmedo, se identificó en el segmento de productores que fertilizan el cultivo que los productos de uso más extendido en el cultivo de habichuela larga fueron urea, KCL y Triple 15, mientras que en frijol caupí fueron urea y triple 15.

Riego: fuentes hídricas y tipo de riego

Los resultados recopilados en Caribe húmedo indican que, en lo referente a los sistemas de riego en el caso de habichuela larga, el 37 % de los productores no posee sistema de riego; el 33 % utiliza riego por aspersión; el 12 % aplica riego por gravedad y otro 12%, otro tipo de riego; y el 6 % aplica riego por goteo.

Malezas

En el control de arvenses, los productores del Caribe húmedo referencian el uso de métodos químico, mecánico y manual y sus combinaciones. En este sentido, en la habichuela larga predomina el control manual con un 39 %, seguido de la combinación manual-químico con el 34 % y químico con el 27 % de los predios.

Plagas

En el caso del país y el Caribe colombiano, no se registran datos respecto al ataque de plagas en este cultivo. Por tanto, los resultados de los talleres de consenso constituyen un insumo para las evaluaciones epidemiológicas por revisar en el cultivo en la zona.

La literatura registra que la severidad de las plagas en habichuela larga se ha relacionado con la época de siembra y las características agroecológicas de cada localidad. En este sentido, la mayor humedad del suelo en los lotes de siembra se relacionó en proporción directa con el ataque de artrópodos; así, se identificó *Diabrotica* sp., *Trigona* sp. y *Aphis craccivora*. En Perú Babilonia y Reátegui (1994) también indican que las plagas mencionadas anteriormente se encontraron en "chiclayo verdura" (*Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis* (L.) Fr. En Venezuela se han reportado Cowpea Mild Mottle Carlavirus (CPMMV) transmitido por mosca blanca en *Vigna unguiculata* (L.) Walp. subsp. *sesquipedalis* (L.) Verdc. (Brito et al., 2012; Uddin, Rhaman, Alamam, Awal, & Mazed, 2013). Por otro lado, en Centroamérica, López (1999) registra que la habichuela larga es susceptible al ataque de artrópodos masticadores como *Diabrotica* sp., minadores, ácaros (*Tetranychus* spp.) y la abeja negra.

En Asia se realizaron encuestas en áreas de cultivo intensivo de habichuelas largas como Jessore, Dhaka, Narsingdi, Comilla y Chittagong de Bangladesh para conocer la incidencia de plagas y su nivel de infestación de marzo a octubre de 2009. El complejo de plagas y su intensidad de incidencia fueron similares en cinco áreas estudiadas, y hubo al menos nueve de cada diez plagas de insectos en diferentes etapas de crecimiento en cada área de muestra, que fueron áfidos, perforadores de vainas, trips, ácaro rojo, minador de la hoja, escarabajo de la hoja, chinche verde, oruga peluda de yute y tolva con capucha. Se registró que el áfido y el barrenador de la vaina eran las principales plagas de insectos en las áreas de estudio; además, se identificó que infestaban severamente habichuelas de un metro de longitud (Uddin et al., 2013).

Control de plagas

Los resultados de la consulta con productores de Caribe húmedo respecto al control de plagas indicaron que el 16 % no aplica estrategias de control; el 70 %, control químico y el 14 %, control biológico; pero el frijol caupí presentó una menor proporción de productores que no controla las plagas, con 12 %; el control químico es predominante, con 76 %, y en muy baja proporción, 11 %, se utiliza control biológico. Así, los ácaros, el picudo y la mosca blanca son las plagas de mayor importancia; *Diapana* y trozador en frijol caupí y ácaro y gusano en frijol zaragoza (AGROSAVIA, 2018).

Enfermedades en habichuela

Los resultados de las encuestas en la zona evidencian que en cuanto al control de enfermedades en habichuela larga, el 6 % de los productores no realiza controles, el 66 % hace control químico y el 13 %, control biológico y mixto.

Cosecha

Vigna unguiculata subesp. *sesquipedalis* tiene la particularidad de emitir flores varias veces, es decir, la formación de la vaina se realiza durante todo el ciclo vegetativo de la planta, teniendo un máximo de 30 cortes. Su producción puede

llegar a 7,773 kg por ha y se cosecha manualmente (Otzoy & Esteban, 2004). A diferencia del frijol común y el caupí, la habichuela larga presenta varios ciclos de floración, por lo cual pueden realizarse entre 8 y 30 cosechas. Sin embargo, en la subregión el promedio corresponde a 8 cosechas, pues las vainas se cortan cuando están verdes, succulentas y no se notan las semillas (AGROSAVIA, s.f.) (figura 72).



Foto: Yanine Roza L.

Figura 72. Manojos de habichuela larga para comercialización, San Marcos, Sucre.

De acuerdo con los talleres de consenso, la tecnología local de producción de habichuela larga representativa de la zona corresponde a lotes de área máxima de 0,5 ha, acondicionamiento del terreno con inclusión de quemas y preparación de suelos, principalmente manual (70 %); siembra directa (100 %), con uso de semilla no certificada (100 %); sistema de siembra principalmente en monocultivo (38 %), que incluye labores culturales como raleo, aporque, guiado de ramas, retiro de desechos. Respecto a la fertilización, el 55 % de los productores encuestados utilizó fertilizante químico, más que nada urea, KCL y triple 15. En cuanto al control de plagas y su manejo, 70 % de la muestra encuestada realizó control químico y usó como insecticida Imidacloprid. Asimismo, el 73 % de los productores utilizó riego, de modo más frecuente el de aspersión; el 39 %, control manual de arvenses; el 66 %, productos químicos para el manejo de enfermedades. El 100 % de los encuestados refiere cosecha manual en múltiples momentos de corte de acuerdo con la prolificidad y duración de la floración; presentación para venta en manojos de vainas o bulto de 50 kg de grano (tabla 15).

Tabla 15. Tecnología local de producción del cultivo de habichuela larga *Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis* en Caribe húmedo



Fechas de siembra



Ciclo productivo: 80-120 días en dos ciclos de siembra durante el año.

Continúa tabla 15

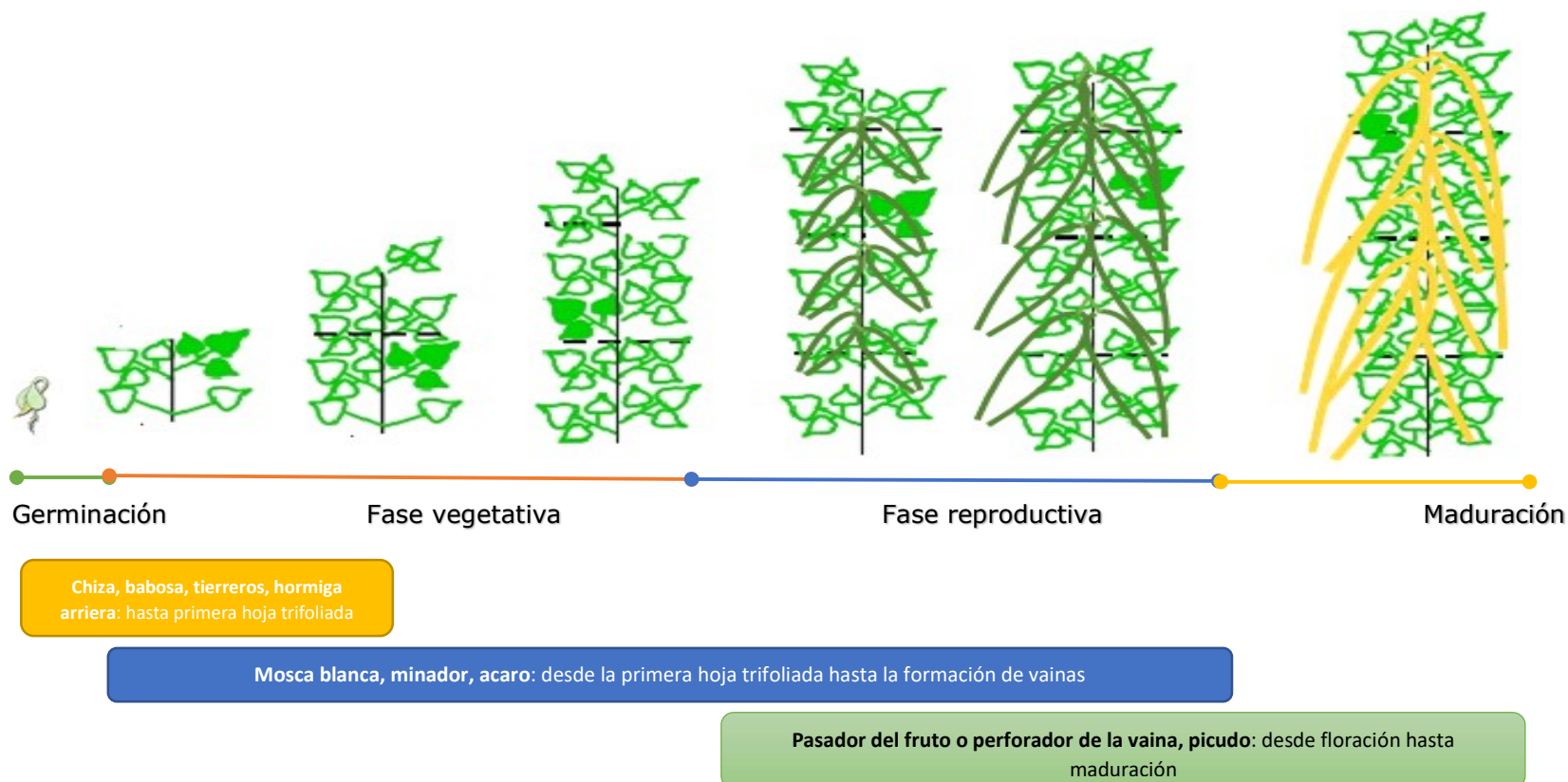
Continuación tabla 15

Zonas de producción	San Pelayo, Cereté, Montería y San Bernardo del Viento, Córdoba, y Lórica, Sucre	Riego	Aspersión, gravedad, solo precipitación
Acondicionamiento del terreno	Recolección de residuos agrícolas, quemas químicas, despalite y trazado	Control de arvenses	Químico + manual
Preparación del suelo	Manual, labranza mínima	Fertilización	Química. Fertilizantes: urea, KCL, triple 15
Siembra	Directa	Control de plagas y enfermedades	Químico, no se aplica, biológico
Semilla	Criolla, producida en ciclos anteriores	Cosecha	Manual, 8 recolecciones durante el ciclo
Distancia de siembra	0,8 m x 0,5 m	Rendimiento promedio	4,0 t/ha
Sistema de siembra	Monocultivo en rotación con transitorios	Actividades poscosecha	Clasificación y empaque
Labores culturales	Raleo, aporque, guiado de ramas, retiro de desechos	Presentación para venta	Manejo 0,5 kg, bulto 50 kg

Fuente: Elaboración propia

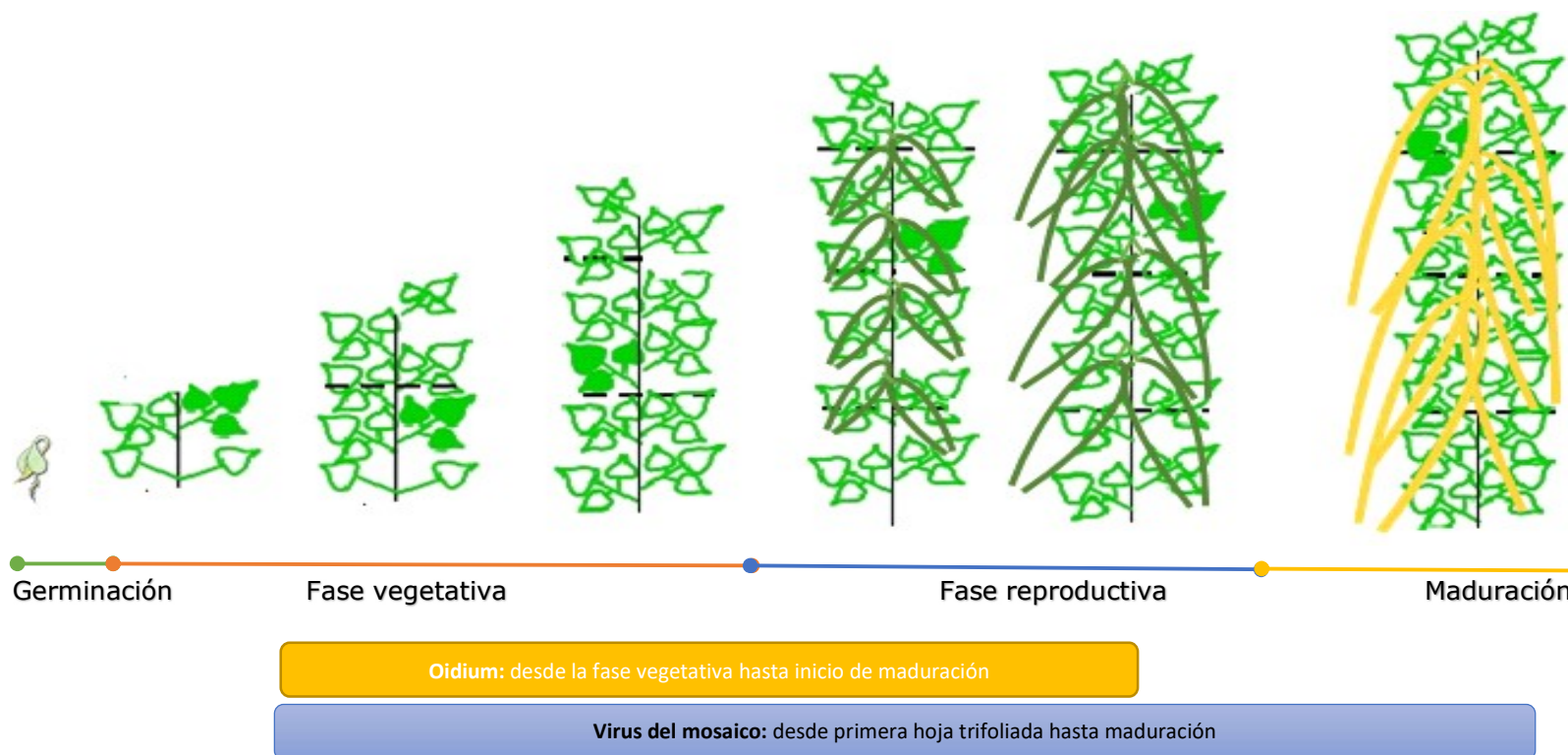
La tecnología local de producción descrita para habichuela larga presenta puntos críticos, similares a los descritos en los frijoles común y caupí, aunque se destaca una mayor simplicidad en la aplicación de labores culturales respecto a las otras dos clases de frijol. Esto podría explicar la enorme diferencia en términos de rendimiento respecto a lo referido en Centroamérica, donde se produce casi el doble frente a lo registrado en los talleres de consenso con productores del Caribe húmedo (Díaz, 2004). Algunos elementos críticos de la tecnología local, comunes a lo evidenciado en los otros dos tipos de frijol identificados en la zona, son el acceso limitado a la asistencia técnica, el uso de semilla de baja calidad, el bajo laboreo y uso de residuos como cobertura, además del manejo inadecuado de plagas y enfermedades, cuyos principales agentes y épocas de aparición en el cultivo se identifican en las tablas 16 y 17.

Tabla 16. Plagas según etapa de desarrollo del ciclo de cultivo de habichuela larga *Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis*



Fuente: Elaboración propia

Tabla 17. Principales enfermedades registradas en Caribe húmedo, señaladas según su aparición en las etapas de desarrollo del cultivo de habichuela larga *Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis*



Fuente: Elaboración propia

Finalmente, a partir del aprovechamiento de la habichuela larga, pueden obtenerse mayores aportes al flujo de caja de la familia, gracias a los ocho momentos de cosecha identificados en la región; por esta razón, dicha hortaliza debe integrarse en la promoción de cultivos para la agricultura familiar. Los datos alcanzados en otros países con habichuela larga sugieren que, a partir de un programa de mejoramiento regional, se podrían obtener cultivares mejorados con alta adaptación agroclimática (Díaz, 2004) que, en articulación con intervenciones a los puntos críticos de la tecnología local descrita en este documento, podrían ofrecer una alternativa para implementar a través de los sistemas regionales de innovación (ley) y el escenario del posconflicto, dada la importancia que podría alcanzar este cultivo gracias a su alta demanda de mano de obra, alta productividad por unidad de área, seguridad alimentaria y aporte al ingreso del productor (Palmett, 2014). Sin embargo, la habichuela larga requiere en mayor medida el concurso de la academia y demás actores del territorio para el mejoramiento de su competitividad. En este sentido, los resultados de la caracterización desarrollada en este estudio sugieren que este cultivo no ha recibido atención por grupos de investigación del país y se ha mantenido como parte de los sistemas de agricultura campesina con manejo agronómico empírico, producto del conocimiento tradicional transmitido de una generación a otra (tablas 15 y 16).

Capítulo VI

Comercialización y mercado

A nivel regional se evidencia en las plazas de mercado una gran diversidad de granos provenientes de diferentes especies leguminosas. En el estudio de comercialización de estos productos, se identificaron frijoles tipo caupí de grano blanco, rojo y negro, habichuela larga, frijol común rojo y rosado.

Respecto al sitio de comercialización, en habichuela larga 80 % de los productores venden en el mismo lote de cosecha y el 20 % lo hace en el mercado local. Por el contrario, en cuanto al frijol caupí, el mayor porcentaje de la comercialización (64%) se realiza en el mercado, mientras que el 22 %, en el mismo lote. El 3% de los productores comercializa sus propios productos en la carretera y el 10 % utiliza otro medio diferente de mercadeo. En frijol zaragoza, el 40 % de la producción se vende en el lote; el 48 %, en el mercado, y el 8 %, en carretera.

En cuanto a la presentación del producto, la mayor frecuencia (61 %) en habichuela larga es el bulto de 50 kg; 27 % empaca en kg y 12 % en otro tipo de presentación. El 50 % de los productores de frijol caupí comercializa en bultos de 50 kg; el 31 %, en kg, y el 19 % registra otro tipo de presentación.

Plaza de mercado y almacenes de cadena

En las plazas de mercado de las diferentes localidades priorizadas en este estudio se encontraron diferencias entre los frijoles registrados en plazas de mercado y los almacenes de cadena, las cuales se fundamentan en los indicadores de calidad del grano, en la manera como el frijol está dispuesto en costales o recipientes en los mercados y cómo se empaca según solicitud del comprador. Adicionalmente, el frijol no está venteado, ni seleccionado. Se observaron frijoles caupí de múltiples colores como rojo (figura 73a), negro (figura 73b), cabecita negra (figura 73c) y también el frijol guandul (figura 73d).



Foto: Adriana P. Tofiño

Figura 73. Frijoles de múltiples colores en plazas de mercado. a. Frijol caupí rojo en plaza de mercado, municipio de Sincelejo; b. Frijol caupí negro en plaza de mercado, municipio de Sincelejo; c. Frijol caupí cabecita negra en plaza de mercado, municipio de Sincelejo; d. Frijol guandul en plaza de mercado, municipio de Sincelejo; e. Frijol rosado en plaza de mercado, municipio de Sincelejo.

Respecto al frijol común, se registró solo rosado zaragoza (figura 73e) (AGROSAVIA, s.f.). Por otro lado, en los almacenes de cadena regional, el frijol está limpio, seleccionado y empacado en presentaciones de 0,5 kg y 1,0 kg. No se observaron presentaciones novedosas del frijol más allá de los comunes enlatados, principalmente de frijoles tipo cargamanto. Se identificó, además, una mayor oferta de clases de frijol común, pero una menor de caupí, pues solo se registraron caupí cabecita negra y guandul, presentes también en las plazas de mercado. Además de rosado zaragoza, presente en el mercado, se

identificaron cargamanto rojo, caraota, cargamanto blanco y frijol palomito. Mientras que el frijol ofertado en plazas de mercado se produce localmente. Los frijoles de almacenes de cadena, en especial las clases de frijol común, provienen de otras zonas del país, más que nada de Medellín, y algunos son importados. Los frijoles de almacenes de cadena responden a la demanda de consumo de la población procedentes del interior del país (AGROSAVIA, s.f.).

Autoconsumo

En el caso de la habichuela larga, se registran porcentajes variables de autoconsumo. En este sentido, solo 37 % de los productores encuestados comercializa el total de la producción en el mismo lote; un porcentaje similar comercializan en el mismo lote el 90 % de la producción, y deja un margen de 10 % para autoconsumo, mientras que solo el 10 % de los productores encuestados expresa que comercian el 80 % de la producción y un porcentaje similar, el 50 %, y solo 6 % de los productores encuestados, el 70 % de la producción.

En el caso de frijol caupí la venta exclusiva al mercado se observa en más de la mitad de los productores consultados (55 %), el mayor nivel de autoconsumo registrado para la especie es de 50 %, identificado solamente en el 15 % del total de productores encuestados; mientras que el autoconsumo del 30 % de la producción se observa en 3 % de los productores; el del 20 % de la cosecha, en 5 % de los productores, y el del 10 % de la cosecha, en 22 % de los productores.

En el Caribe húmedo el frijol zaragoza presenta los menores niveles de autoconsumo, pues el 59 % de los productores encuestados comercializa el 100 % de su producción, mientras que la mayor frecuencia de los productores (25 %) destina al autoconsumo el 10 % de la producción; el autoconsumo del 40 % y el 50 % de la producción se registraron en igual porcentaje de productores (8 %).

Capítulo VII

Agroindustria

En el Caribe húmedo, de manera similar a lo descrito en Nicaragua, la agroindustria del frijol se restringe a limpieza, clasificación y empackado. El principal mercado es el de frijol seco y no se presentan productos novedosos, transformados ni segmentación de mercados (Quiroz Cortez & Reyes Vallejos, 2009). En este capítulo, se muestran las oportunidades de transformación del frijol a nivel internacional, donde es aprovechado tanto para alimentación humana como para alimentación animal.

En el comercio del Caribe húmedo se encontró semilla de frijol caupí limpia (libre de impurezas y granos dañados) y empackados por libra o kilogramo. Sin embargo, no se encontraron presentaciones diferenciadas del producto y las habichuelas largas solo estaban en el mercado, más no en los supermercados. A nivel internacional, se encontraron presentaciones comerciales con elementos de agregación de valor adicionales a la limpieza y el empaque, como frijoles enlatados, semillas secas con certificación orgánica; semillas secas descascaradas y sello verde con certificación libre de organismos genéticamente modificados (OGM); semillas secas producidas con certificaciones orgánicas internacionales, harina de frijol caupí y habichuelas largas seleccionadas, enteras y despuntadas en bandeja por libra.

Las anteriores serían opciones de transformación y valor agregado para el mercado colombiano nacional y de exportación, atendiendo al hecho de que el consumo del frijol caupí está extendido en Latinoamérica y el Caribe (Tumi, 2008).

La harina de caupí se consume ampliamente en África en recetas tradicionales como "akara" masas de harina de frijol frita y moinmoin (masas de harina de frijol cocida). Se registran casos como el de Nigeria, en el que las entidades gubernamentales e internacionales han aunado esfuerzos para fortalecer la cadena de valor del cultivo (Adeoti et al., 2010). En Colombia, también existe tradición de consumo de frijol entero en el Caribe en recetas tradicionales como

sancocho costeño trifásico, arroz de cabecita negra y harina para elaboración de dulces y coladas. Sin embargo, además de la alimentación humana, la harina de frijol caupí se ha evaluado en alimentación animal, por ejemplo, para aves (Vivas, 2014) y cerdos (Picot, Koslowski, Slanac, Sánchez, & de Asís, 2015), entre otros. Lo anterior estimula a los actores regionales para que aprovechen la variedad mejorada registrada para la subregión y potencialicen su buen comportamiento agronómico (Araméndiz et al., 2017) en el desarrollo de productos con valor agregado y en la creación de segmentación de mercados para la especie.

Capítulo VIII

Costos de producción

Una visión integrada de la cadena de suministro advierte que el éxito comercial no recae exclusivamente en el eslabón primario, sino también en el de los demás actores que integran la cadena. La competitividad se alcanza en la medida en que se mantengan las ventajas comparativas que le permitan alcanzar, mantenerse e incrementar su posicionamiento en el mercado; de tal forma que costos elevados en cualquiera de los eslabones de la cadena de suministro limitan la competitividad de la cadena completa. Un desplazamiento de las importaciones de maíz y frijol podría lograrse a través de políticas conjuntas que contemplaran el establecimiento de un arancel y la disminución en los costos de transporte y producción (García, Rodríguez, Sáenz, & Rebollar, 2006). En este capítulo nos enfocamos en delinear los costos de producción del grano como eslabón primario de la cadena de suministro de frijol.

Los costos totales de producción por kilogramo (incluyendo aporte de mano de obra familiar) es variable entre especies, pues en frijol Zaragoza de tipo arbus-tivo es de \$1328 en cultivo tecnificado y \$2342 en no tecnificado (tabla 18); mientras que en caupí es de \$1717 (tabla 19) y en habichuela larga es de \$703 (tabla 20). En todos los casos, la eficiencia económica (medida en unidades monetarias generadas por cada unidad invertida) presenta valores superiores a 1, siendo la eficiencia de frijol zaragoza no tecnificado superior al de los otros tipos de frijol, con 1,4; seguido de caupí, con 1,2 y habichuela larga, con 1,09. Puede considerarse que, aunque en frijol la rentabilidad es baja, la racionalidad productiva se explica en la contribución de los productos al autoconsumo familiar y la recuperación de los recursos de la mano de obra familiar aplicada.

Tabla 18. Resumen de costos de frijol común en sur del Cesar para 1 ha

Costos directos	Valor \$ Col.	% de participación
Labores	2.193.000	55
Insumos	573.000	14
Herramientas	396.111	10
Subtotal costos directos	3.162.111	79
Costos indirectos	821.348	21
Costos totales	3.983.459	100
Rendimiento (kilos)	3	
Precio tonelada	3.360.000	
Costo unitario	1.328	
Ingreso bruto	10.080.000	
Ingreso neto	6.096.541	
Rentabilidad	153,05	
Punto de equilibrio	1,19	
Porcentaje punto equilibrio	40	
Eficiencia	2,6	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19. Resumen de costos frijol Caupi para 1 ha

Costos directos	Valor \$ Col.	% participación
Labores	2.575.000	68
Insumos	428.500	11
Herramientas	528.089	14
Subtotal costos directos	3.531.589	93
Costos indirectos	247.211	7
Costos totales	3.778.800	100
Rendimiento (cajas)	2	
Precio 4/caja	2.200.000	
Costo unitario	1.889.400	
Ingreso bruto	4.400.000	
Ingreso neto	621.200	
Rentabilidad	16,44	
Punto de equilibrio	1,72	
Porcentaje punto equilibrio	86	

Fuente: AGROSAVIA, 2018

Tabla 20. Resumen de costos habichuela larga para 1 ha

Costos directos	Valor \$ Col.	% participación
Labores	2.205.000,0	63,4
Insumos	791.870,0	22,8
Equipos	65.666,7	1,9
Costos directos	3.062.536,7	88,1
Costos indirectos	414.377,6	11,9
Costos totales	3.476.914,2	100,0
Rendimiento kg	4.950,0	
Precio de venta (\$/kg)	765,0	
Costo unitario (\$/kg)	702,4	
Ingreso bruto	3.786.750,0	
Ingreso neto	309.835,8	
Rentabilidad	8,9	
Punto de equilibrio	4.545,0	
Porcentaje (%) punto de equilibrio	92	
Eficiencia	1,09	

Fuente: AGROSAVIA, 2018

Adicionalmente, el productor valora el beneficio del cultivo del frijol a la fertilidad del suelo al involucrarlo en ciclos rotacionales con otras hortalizas y cultivos transitorios. Es importante precisar que mientras en frijol caupí se maneja un ciclo al año, en frijol zaragoza y habichuela larga, dos ciclos. También, es marcada la diferencia en productividad y rentabilidad del frijol zaragoza con y sin tecnificación. En el primero de los casos la rentabilidad alcanzada permite la sostenibilidad de las aparcerías referidas en el sur del Cesar, en la cual el “patrón” aporta la tierra y presta el capital para el ciclo de siembra y el parcelero brinda la mano de obra. Este esquema es interesante en la medida en que el “patrón” abre un crédito en algún granero en la ciudad para que el parcelero fie sus alimentos para que pueda sostenerse mientras se vende la cosecha. Después de la venta de la cosecha, se devuelven los costos de producción al “patrón”; la ganancia se divide a la mitad entre ambos y el parcelero paga en el granero el valor fiado.

El cultivo no tecnificado en frijol común produce menos de la mitad que el tecnificado por unidad de área y la rentabilidad es baja. De acuerdo con lo

anterior, se plantea que el frijol común ofrece la mayor contribución económica para el pequeño productor, respecto a las especies leguminosas identificadas, aún bajo esquema no tecnificado. Sin embargo, es necesario considerar el balance económico del sistema productivo completo con sus rotaciones, para ratificar o modificar este indicio.

Por otro lado, la tendencia descrita en el Caribe húmedo concuerda con lo referido en la cadena agroindustrial de frijol en Nicaragua, en la cual no se presenta diferenciación de productos o segmentación de mercados (Alemán, Martínez, & Jarquín, 2012). Los costos de producción referidos en esta investigación no incluyen el rubro de transporte a los sitios de comercialización, cuyo valor es ampliamente variable desde 2000 hasta 10.000 por bulto, según la calidad de la vía de acceso y la distancia al sitio de venta. Esta consideración es importante respecto al agronegocio del frijol, ya que mientras en Río de Oro y González las zonas de producción están a la orilla de la carretera pavimentada, en Montes de María y otras zonas productoras las vías de acceso son de mala calidad, aspecto que incrementa los costos del transporte a cargo del productor.

Así, pues, serían aplicables en este contexto las conclusiones del análisis de la cadena agroindustrial de frijol (Alemán et al., 2012), en las que se solicita al Estado promover políticas públicas que favorezcan al frijol para mejorar su competitividad, a partir de precios regulados para el diésel para el transporte de granos, precios controlados para agroinsumos y el mejoramiento de las tecnologías de almacenamiento, dado que en los picos anuales de cosecha se comercializa todo el frijol para el mercado nacional y la exportación. Por otro lado, durante la baja oferta del grano, se acude a la importación porque no hay frijol almacenado. Esta tendencia es acentuada por las cuotas de importación comprometidas con el tratado de libre comercio con Estados Unidos, en las que ingresan frijoles tipo zaragoza, caraota y blanquillo a precios inferiores al producido en el país (Fenalce, 2010).

Las respuestas a las encuestas hechas a los productores en la zona permitieron levantar la estructura de costos, a pesar de que la gran mayoría de los productores no realizan el registro de los recursos invertidos en cada ciclo y el volumen total comercializado. Algunas respuestas clave se describen a continuación:

¿Cuánto cuesta producir una ha?

Pues sí, porque lo menos como todos esos productos van, se van encareciendo, lo menos pues ya uno sabe más o menos cuanto se le va en un cultivo, lo menos en este cultivo se le pueden ir aproximadamente 5 fumigadas de a 200.000,, es un millón de pesos, se le puede aplicar fungicida y el insecticida, un millón y medio ese proyecto está, y en fertilizantes se le están aplicando unos 60.000 pesos; o sea, que entre semilla, entre la semilla el asistimiento se pueden llevar un promedio por ahí entre 3 y 4 millones de pesos.¹⁷

¿Cuánto recoge? "Pues bueno aquí en promedio que nosotros siempre lo hemos estado cultivando nos da 20 a 30 cargas..., 116 kilo una carga, porque hay veces, como le digo, a veces afectan mucho los climas, afectan los virus"¹⁸.

¿A cuánto lo vende? "Eso sí es variable, hace tiempos atrás estuvo barato a 300, 350; ahorita está a 520, 530 la carga. Que es un precio bueno no, un precio justo, que saca uno los costos y siempre queda algún ..." ¹⁹.

¿Este lote lo atiende usted solo? "Bueno hay veces que-... por lo menos un muchacho que ahorita está trabajando él es hijo mío, él me colabora y a veces la siembra un obrero, dos obreros, y el asistimiento lo hago casi yo con un familiar"²⁰.

¿Le paga a su hijo?

Sí, él sabe que ya está mayor de edad y necesita también. El jornal se está pagando a 35 manteniéndose o sea que a 25, 30.000, paga uno dándole uno el alimento, pero aquí la mayoría de gente se mantiene en su casa porque eso siempre es problemático para uno la hechura de comer y toda esa cosa.²¹

¹⁷ Productor de frijol común, de la vereda Los Baos, del municipio de Río de Oro, Cesar.

¹⁸ Productor de frijol común, de la vereda Los Baos, del municipio de Río de Oro, Cesar.

¹⁹ Productor de frijol común, de la vereda Los Baos, del municipio de Río de Oro, Cesar.

²⁰ Productor de frijol común, de la vereda Los Baos, del municipio de Río de Oro, Cesar.

²¹ Productor de frijol común, de la vereda Los Baos, del municipio de Río de Oro, Cesar.

Capítulo IX

Consideraciones finales y recomendaciones

En este capítulo se resumen y reinterpretan las principales condicionantes productivas evidenciadas a través de la información primaria y secundaria para los tres principales sistemas productivos asociados al término *frijol* en el Caribe húmedo. Además, se da una mirada general a sus características, limitaciones y oportunidades de consolidación como cadenas de suministro. La existencia de las cadenas de suministros, se tenga conciencia de ellas o no, se encuentra implícita en las relaciones entre los actores, de cualquier actividad económica en general, que interactúan linealmente desde el sector primario hasta el consumidor final. Esta racionalidad y su funcionamiento en las regiones se han adelantado en diferentes países de Latinoamérica y el Caribe para el cultivo de frijol, debido a su enorme importancia para la soberanía alimentaria. Al igual que en esta investigación, en otros estudios se ha enfatizado en el eslabón de producción, con un enfoque de análisis de cadena de suministro (Quiroz Cortez & Reyes Vallejos, 2009, 2009; Reis Graeml & Peinado, 2014). Para ello se abordaron los conceptos y aspectos de la producción de frijol, en el plano internacional y nacional, se describieron las condiciones biosociales y las posibilidades de agregación de valor (Castro Reyes, 2017), pues como en otros países con tratado de libre comercio con Estados Unidos, uno de los principales problemas es la pérdida de competitividad respecto a las importaciones (García et al., 2006).

Una visión integral de la cadena de suministro en la subregión Caribe húmedo implica la revisión de la tecnología local de producción, las condiciones socioeconómicas del productor, el mercadeo, el consumo y la contribución de las instituciones del sector para el mejoramiento de la competitividad del frijol. La producción de frijol en la subregión Caribe húmedo engloba una canasta de especies leguminosas que sustentan la economía campesina y los canales formales de comercialización regional. Así las cosas, emergen regiones bien diferenciadas para la producción de frijoles caupí, habichuela larga, guandul y frijol seco, determinados por los rangos de adaptación de las especies. De esta manera, las zonas cálidas aledañas a lagunas, sabanas y pie de monte son

ideales para el caupí, la habichuela larga y el guandul, mientras que las zonas de ladera, a partir de 650 m s. n. m. y menor temperatura media nocturna, sirven para la producción del frijol seco. Se destaca que las zonas con mayor aptitud para el cultivo de frijol común están ubicadas en los municipios de Río de Oro, González (Cesar) y Santo Tomás (Atlántico).

Las encuestas con productores, las encuestas de consumo y las visitas a los mercados indican que la cultura del consumo de la diversidad de granos de leguminosas, identificadas en los mercados locales como frijoles tipo caupí blanco, rojo y negro, habichuela larga y frijol rosado, es ancestral; proviene de las etnias asentadas en la zona, como son los pueblos Zenú y Emberá Katío. Esta tradición se ha transmitido a los colonos, quienes conservan semilla local dirigida al autoconsumo, así como como a los canales formales de comercio. En general, los registros de áreas sembradas con frijol se establecen en el rango altitudinal de 200 a 1500 m s. n. m., en las que se establecen tecnologías locales de producción bien diferenciadas de acuerdo con la especie establecida. Las encuestas realizadas en los departamentos del Caribe húmedo indicaron que la habichuela larga se siembra en Córdoba, principalmente; el caupí presenta un cultivo extendido en Bolívar y Córdoba, y el frijol común tipo zaragoza, en zonas de ladera en sur del Cesar, Bolívar y Sucre.

En general, el frijol en la subregión se caracteriza por cultivarse en unidades pequeñas de 0,5 a 1,2 ha en promedio, siendo las áreas más pequeñas reportadas para frijol zaragoza. Los mayores rendimientos por unidad de área se observaron en habichuela larga, con promedios referidos de 3,5 t/ha, 1,1 t/ha de frijol caupí y 1,6 kg/ha de frijol zaragoza. El tipo de producción es de baja tecnología y en esta predomina la siembra en monocultivo bajo sistema de rotación entre hortalizas y transitorios. Cerca de la mitad de los productores hace referencia al riego suplementario en especial en las zonas cercanas a las corrientes hídricas, aunque un porcentaje significativo, principalmente para habichuela (40 %), caupí (19%) y zaragoza (3,5%), es dependiente del periodo de lluvias. El principal origen de la semilla es del mismo lote de cultivo, aunque también se encontraron compras de semillas no certificadas en el mercado local. La tecnología local refiere la aplicación de agroquímicos para control de arvenses, plagas, enfermedades, uso de fertilizantes sin análisis de suelos y muy baja proporción de aplicación de biológicos. Las actividades de mayor consumo de químicos en frijoles son control

de arvenses y artrópodos. También se evidenció baja cobertura de asistencia técnica y la necesidad de capacitaciones para los productores.

Sin embargo, al observar las especies de manera independiente se encuentran claras diferencias en cuanto a la tipología del productor; así, se encontró que, en el caso de la habichuela larga, la tenencia de la tierra es fundamentalmente arrendada; mientras que en frijol caupí y zaragoza el mayor registro es de tenencia propia. En habichuela larga y frijol caupí, la mano de obra la aporta la familia, en tanto que para frijol zaragoza se involucra mano de obra mixta, entre familiar y contratada. Los aspectos comunes a los encuestados corresponden a individuos con edad promedio de 50 años y acceso moderado a crédito (30 %). Por otro lado, solo el 55 % de los productores de caupí no autoconsumen pues comercializan la totalidad de su cosecha, al igual que el 54% de los productores de Zaragoza y 36% de ellos en habichuela larga. Por otro lado, de la fracción encuestada de productores que refirieron autoconsumo, se manejan niveles divergentes con porcentajes variables entre especies, que van desde el 10 % hasta 50%. La comercialización del frijol producido en la zona se realiza a través de intermediarios en mercados locales y almacén de cadena regional. De acuerdo con la especie, se registran diversos sitios de comercialización, pues en habichuela larga la venta se hace en el lote principalmente, mientras que el frijol caupí y zaragoza se venden por igual en la finca y en el mercado; no obstante, el costo de transporte por carga desde las zonas de producción es un componente significativo en el costo de producción.

Los costos totales de producción por kilogramo (incluyendo aporte de mano de obra familiar) varían entre especies, pues en habichuela larga es de \$ 703, mientras que en frijol zaragoza es de \$2342 y en caupí, de \$1717. En todos los casos, la eficiencia económica (medida en unidades monetarias generadas por cada unidad invertida) presenta valores superiores a 1; siendo la eficiencia de frijol zaragoza superior a la de los otros tipos de frijol, con 1,4; seguido de caupí, con 1,2, y habichuela larga, con 1,09. De lo anterior se deriva que, aunque en frijol la rentabilidad es baja, la racionalidad productiva se explica en la contribución de los productos al autoconsumo de la familia y la recuperación de los recursos de la mano de obra familiar aplicada. Asimismo, se encuentra el beneficio ecosistémico del ciclo de siembra en frijol para el mantenimiento de la calidad del suelo y la sanidad del sistema productivo rotacional. Teniendo en cuenta lo anterior, se plantea que el frijol común ofrece la mayor contribución económica para el pequeño productor,

aunque es necesario considerar el balance económico del sistema productivo completo con sus rotaciones, para ratificar o modificar este indicio.

Por otro lado, a pesar de que el frijol hace parte de la canasta básica de la subregión Caribe húmedo, no se evidencian en el registro nacional de cultivares todas las variedades mejoradas que representen la pluralidad de especies consumidas con regularidad por la base de la población, pues a 2016 solo aparece el registro Caupicor 50, variedad de frijol caupí registrado por la Universidad de Córdoba (Instituto Colombiano Agropecuario [ICA], s.f.b). Por tanto, el frijol común, la habichuela larga y el guandul no presentan una opción de recurso genético mejorado, solo las variedades locales con los consecuentes problemas respecto a la calidad genética, fisiológica y fitosanitaria. De acuerdo con la normativa nacional vigente solo, podría producirse semilla de Caupicor 50 que es el único cultivar autorizado; actividad que realiza la Universidad de Córdoba sin articulación con un sistema regional de suministro de semilla (ICA, 2015).

Lo anterior limita la vinculación de las variedades locales de frijol común, habichuela larga y frijol guandul a posibles sistemas regionales de producción de semilla, lo cual impulsa a las entidades de investigación nacionales e internacionales a acompañar a las universidades de la región en programas de mejoramiento para las especies leguminosas que componen la canasta básica local. En el caso de frijol común, la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA, antes Corpoica) registró recientemente dos variedades biofortificadas de frijol rojo Corpoica rojo 39 y 43, para la subregión Caribe seco. Sin embargo, ambas variedades se evaluaron exitosamente en Cereté y Carmen de Bolívar en Caribe húmedo, al producir por encima de testigos regionales baja afectación de pudriciones de la raíz y enfermedades del brote, aún en temporada lluviosa (Corpoica, 2014). Esto abriría la posibilidad de evaluaciones multilocales para ampliación de registro a la subregión Caribe húmedo.

La oferta de variedades es solo un primer paso, pues se requiere, además, la vinculación con los productores de las zonas de tradición de cultivo, la generación de modelos productivos acordes con las peculiaridades de la oferta bioclimática, elementos biosociales y propuestas de canales de comercialización que minimicen la intermediación, para que un mayor porcentaje de las ganancias ligadas a la cadena de suministro del frijol sea para los productores (De Gouveia et al., 2005). Sin embargo, nuestra búsqueda en la base de datos no identificó cartillas o modelos productivos para caupí o para la variedad Caupicor 50. Además, se registran los

niveles más bajos del país en asociatividad en la costa Caribe, lo que permitió identificar asociaciones productoras de frijol solamente en Bolívar (Varón, 2016a).

Es relevante indicar que las políticas nacionales han identificado en las asociaciones de productores agrícolas una figura que proporciona a las familias del sector posibilidades de organización comunitaria, incremento y mejoras en su productividad, así como disminución de costos de producción, mayor acceso a los mercados, desarrollo de economías de escala, más poder de negociación e integración vertical (Anónimo, 2013). Por tanto, es de gran importancia la acción conjugada entre Corpoica, Unicórdoba y el SENA para sistematizar los paquetes tecnológicos de la variedad mejorada ya existente, vincular las recomendaciones tecnológicas al subsistema de asistencia técnica y facilitar los procesos de asociación y formalización de las asociaciones ya existentes.

En el caso de habichuela larga y guandul, es importante precisar que aún a pesar de que no se registran investigaciones regionales tendientes a generar variedades mejoradas, se encuentra en el CIAT un aliado para avanzar en esta iniciativa. En este sentido, el programa de pastos y forrajes del CIAT ha trabajado en la evaluación de accesiones y los paquetes productivos para Latinoamérica del frijol guandul (Peters, Franco, Schmidt, & Hincapié, 2011), y en la unidad de recursos genéticos del CIAT existe consignada la variabilidad de habichuela larga que, en conjunto con la valoración de germoplasma local, podría constituir el inicio de un programa de mejoramiento genético.

En general, se evidencia un sistema de suministro con alta intermediación, en el que el agregado de valor se enfoca exclusivamente en el beneficio y empaque de los granos secos, sin generación de productos novedosos o segmentación de mercado, y en el cual no se explotan los posibles beneficios agroindustriales de la sustitución de las harinas de trigo y soya por materia prima local; lo que trae beneficio a la alimentación humana y animal (Aguirre, 2009; Albarracín, Acosta, & Sánchez, 2010; Alemán et al., 2012). De acuerdo con lo anterior, se advierte que la academia y la industria regional deben integrarse a la cadena de suministro para incrementar los beneficios sociales derivados de la siembra y el aprovechamiento de la diversidad de leguminosas establecidas en la subregión.

Agradecimientos

Los autores agradecen a todos los investigadores adscritos al proyecto *Análisis Socioeconómico, tecnológico y de mercado de las principales hortalizas cultivadas en la región Caribe de Colombia*, especialmente al investigador principal del proyecto, Antonio María Martínez, por su apoyo en la recolección y sistematización de la información primaria de caupí y habichuela larga en la subregión.

Los autores

Adriana Patricia Tofiño Rivera

atofino@agrosavia.co

Ingeniera agrónoma, magíster en Recursos Fitogenéticos Neotropicales, PhD en Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Colombia. Ha trabajado en investigación en fisiología vegetal, mejoramiento y procesos sostenibles de producción de cultivos biofortificados, hortalizas, raíces y tubérculos. Actualmente, es investigadora PhD senior, adscrita a la Red de Hortalizas y Aromáticas de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), Centro de Investigación Motilonia en Codazzi, Cesar.

Yanine Roza Leguizamón

yrozo@agrosavia.co

Ingeniera agrónoma, magíster en Planeación Socioeconómica. Se ha desempeñado en áreas de la socioeconomía, desarrollo rural y sociología rural en temas de caracterización de sistemas productivos.

Douglas Andrés Gómez Latorre

dagomez@agrosavia.co

Ingeniero catastral y geodesta de la Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, magíster en ciencias - meteorología de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Se ha desempeñado principalmente como investigador en el área de agroclimatología, modelamiento espacial y ciencias de la información geográfica, todas estas aplicadas a la agricultura

Luis Fernando Gómez Ramírez

lfgomez@agrosavia.co

Biólogo, magíster en Microbiología de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Ha trabajado en el aislamiento, caracterización y evaluación de microorganismos con potencial en la promoción de crecimiento vegetal en diversos cultivos. Actualmente, se desempeña como investigador máster adscrito a la Red de Cultivos Transitorios de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), en el Centro de Investigación Motilonia, Codazzi, Cesar.

Pablo Julián Tamayo Molano

ptamayo@agrosavia.co

Ingeniero agrónomo de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira; magíster de la Universidad Federal de Vicosa, Brasil. Trabajo durante 12 años con el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) y se encuentra actualmente vinculado a AGROSAVIA (anteriormente Corpoica) desde 1993 en el Centro de Investigación La Selva, donde ha desarrollado proyectos de investigación en el área de resistencia genética y control de enfermedades causadas por hongos, bacterias, virus y nematodos en frutales de clima cálido y frío moderado, hortalizas, leguminosas, papa, estevia, café, sorgo y control biológico. Actualmente lidera productos de investigación de frijol y adicionalmente realiza actividades de investigación en aguacate.

Referencias

- Acevedo, A., & Martínez, J. (2016). *La agricultura familiar en Colombia. Estudios de caso desde la multifuncionalidad y su aporte a la paz*. Bogotá, Colombia: Ediciones Universidad Cooperativa de Colombia.
- Acosta-Gallegos, J. A., Kelly, J. D., & Gepts, P. (2007). Prebreeding in common bean and use of genetic diversity from wild germplasm. *Crop Science*, 47(3), 44-59.
- Adeoti, R., Coulibaly, O., Allomasso, R., Adetonah, S., Gbaguidi, B., & Fatokun, C. (2010). Participatory cowpea development for poverty reduction and sustainable livelihoods in West Africa: case of PRONAF. En O. Boukar, O. Coulibaly, C. A. Fatokun, K. López, & M. Tamò (Eds.), *Proceedings of the Fifth World Cowpea Conference on improving livelihoods in the cowpea value chain through advancement in science, held* (pp. 381-388). Saly, Senegal: International Institute of Tropical Agriculture (IITA).
- Agencia de la ONU para los Refugiados (ACNUR). (2011). *Comunidades indígenas. Emberá Katío*. Recuperado de http://www.acnur.org/t3/fileadmin/Documentos/Pueblos_indigenas/2011/Comunidades_indigenas_en_Colombia_-_ACNUR_2011.pdf?view=1.ONU.
- Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID). (2007). *Informe de evaluación de plaguicidas y Plan de Acción para su Uso Más Seguro (Persuap)*. Recuperado de <http://huila.gov.co/documentos/I/Informe%20de%20Evaluacion%20de%20Plaguicidas.pdf>.
- Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) & Acción Social. (s.f.). *Manual para el manejo de la hormiga arriera*. Recuperado de <https://sioc.minagricultura.gov.co/Aguacate/Documentos/005%20-%20Documentos%20T%C3%A9cnicos/005%20-%20D.T%20-%20Manual%20Hormiga%20Arriera.pdf>.
- Aguirre, P. (2009). *Caracterización nutricional del grano de caupi Vigna unguiculata L. en ratas* (tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Colombia.
- Albarracín, W., Acosta, L., & Sánchez, I. (2010). Elaboración de un producto cárnico escaldado utilizando como extensor harina de frijol común (*Phaseolus spp.*). *Vitae*, 17(3), 264-271.

- Alemán, M., Martínez, S., & Jarquín, K. (2012). *Análisis de la cadena de valor de frijol rojo y negro en Nicaragua con enfoque de seguridad alimentaria y nutricional*. Recuperado de https://coin.fao.org/coin-static/cms/media/14/13540579183450/libro_frijol_30-07-2012-2.pdf.
- Altieri, M., & Nicholls, C. (2002). Un método agroecológico rápido para la evaluación de la sostenibilidad de cafetales. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, (64), 17-24.
- Altomare, C. Norvell, W. A., Björkman, T., & Harnan, G. E. (1999). Solubilization of phosphates and micronutrients by the plant-growth-promoting and biocontrol fungus *Trichoderma harzianum*. *Applied and Environmental Microbiology*, 65(7), 2926-2933.
- Alvarado Gaona, A., & Ochoa, L. (2010). Tecnologías locales de producción de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) en el municipio de Boyacá, departamento de Boyacá. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 13(1), 125-133.
- Angeli, C., Cheimona, N., Kakabouki, I., Kontopoulou, C., Tabaxi, I., Papandreou, A., ... Bilalis, D. (2016). Effect of different types of fertilization on *Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis* Crop. *Horticulture and Forestry*, 73(2), 216-218.
- Anónimo. (2013). El papel del Estado para la promoción de la asociatividad. *Revista Nacional de Agricultura*, (958), 11-13.
- Araméndiz, H. E., & Cardona, C. (2017). Adaptabilidad y estabilidad fenotípica en cultivares de frijol caupí en el caribe húmedo colombiano. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 15(2), 14-22.
- Araméndiz, H., & Espitia, M. (2011). Comportamientos agronómicos de líneas promisorias de frijol caupí *Vigna unguiculata* L. Walp en el Valle de Sinú. *Temas Agrarios*, 16(2), 9-17.
- Araméndiz, H., Cardona, C., & Combatt, E. (2016). Contenido nutricional de líneas de frijol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.) seleccionadas de una población criolla. *Información Tecnológica*, 27(2), 53-60.
- Araméndiz, H., Espitia, M., & Cardona, C. (2017). Adaptabilidad y estabilidad fenotípica en cultivares de frijol caupí en el Caribe húmedo colombiano. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* [edición especial], (2), 14-22.

- Araméndiz, H., Robles, J., & Cabrales, R. (2003). Caracterización del frijol caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) por su contenido de proteína. *Fitotecnia Colombiana*, 3(2), 17-23.
- Arango, R. (2004). *Los pueblos indígenas de Colombia en el umbral del nuevo milenio: población, cultura y territorio: bases para el fortalecimiento social y económico de los pueblos indígenas*. Bogotá, Colombia: Departamento Nacional de Planeación (DNP).
- Araya, R., & Hernández, J. (2007). *Protocolo para la producción local de semilla de frijol*. Recuperado de http://www.agronomia.ucr.ac.cr/documentos/pdf/Protocolo%20prod_semillas.pdf.
- Arias, J., Rengifo, T., & Jaramillo, M. (2007). *Buenas prácticas agrícolas (BPA) en la producción de frijol voluble*. Medellín, Colombia: Gobernación de Antioquia, Mejoramiento Alimentario y Nutricional de Antioquia (MANA), Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Arrieta, G., López, O., Romero, M., Avila, M., Jarma, A., & Castro, M. (1999). *Variedad mejorada de frijol caupí de grano grande tipo cabecita negra para el Caribe seco colombiano*. Recuperado de <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4931/1/Corpoica%20provinciano%20Variedad%20mejorada%20de%20frijol%20caupí%20de%20grano%20grande%20tipo%20canecita%20negra.pdf>.
- Asociación de Productores Agropecuarios del Distrito de Morropón (ASPROMOR). (2012). *Manual de cultivo de frijol caupí*. Piura, Perú: autor
- Astudillo, C., & Blair, M. W. (2008). Contenido de hierro y cinc en la semilla y su respuesta al nivel de fertilización con fósforo en 40 variedades de frijol colombianas. *Agronomía Colombiana*, 26(3), 471-476.
- Ávila, E. (2015). *Manual frijol*. Bogotá, Colombia: Cámara de Comercio de Bogotá.
- Babilonia, A., & Reátegui, J. (1994). *El cultivo de hortalizas en la selva baja del Perú: manual teórico-práctico*. Iquitos, Perú: Editorial SNV.
- Balasubramanian, P., Vandenberg, A., & Hucl, P. (2004). Seedling emergence of common bean accessions under suboptimal temperature. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 129(4), 503-508.
- Ballesteros, W., & Musalem, M. (2003). La agroforestería como alternativa para el desarrollo sostenible en rosamorada, Nayarit, México. *Revista Ciencias Agrícolas* 20(1 y 2), 62-78.

- Barrios-Pérez, C., & Álvarez-Toro, P. (2016). *Caracterización agroambiental de sistemas de producción de maíz y frijol en Colombia* [Documento de trabajo CCAFS No.184]. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Camilo_Barrios-Perez/publication/310461850_Caracterizacion_ambiental_de_sistemas_de_produccion_de_maiz_y_frijol_en_Colombia/links/582e7a4808ae004f74bce6bb/Caracterizacion-ambiental-de-sistemas-de-produccion-de-maiz-y-f.
- Barrios-Gómez, E. J., & López-Castañeda, C. (2009). Temperatura base y tasa de extensión foliar en frijol. *Agrociencia*, 43(1), 29-35.
- Beaver, J., Godoy, G., Rosas, J., & Steadman, J. (2002). Estrategias para seleccionar frijol común con mayor resistencia a mustia hilachosa. *Agronomía Mesoamericana*, 13(1), 67-72.
- Beebe, S. E., Rao, M., Blair, W., & Acosta-Gallegos, J. (2013). Phenotyping common beans for adaptation to drought. *Frontiers in Physiology*, 4(35), 1-20.
- Beebe, S., Ramirez, J., Jarvis, A., Rao, I., Mosquera, G., Buejo, ..., Blair, M. (2011). Genetic improvement of common beans and the challenges of climate changes. En H. Lotze-Campen, & S. Singh Yadav (Eds.), *Crop Adaptation to Climate Change* (pp. 356-369). Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Beebe, S., Skroch, P., Tohme, J., Duque, M., Pedraza, F., & Nienhuis, J. (2000). Structure of genetic diversity between common bean land races of Middle America origin based on correspondence analysis of RAPD. *Crop Sci*, 40(1), 264-273.
- Beleño, A., Galindo, J., & Soto, M. (1986). *Función fitorreguladora del valerianato de estradiol en la germinación y crecimiento del maíz (Zea mays) y del frijol (Phaseolus vulgaris)* (tesis de pregrado). Universidad del Atlántico, Barranquilla, Colombia.
- Beyra, A., & Reyes, G. (2004). Revisión taxonómica de los géneros *Phaseolus* y *Vigna* (Leguminosae-Papilionoideae) en Cuba. *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, 61(2), 135-154.
- Binder, U. (1997). *Manual de leguminosas en Nicaragua*. Managua, Nicaragua: Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central (PASOLAC).

- Blanco, M., Corrales, C., Cheves, O., & Campos, A. (1995). El crecimiento y rendimiento del frijol comun (*Phaseolus vulgaris* L.) como cultivo intercalado con café (*Coffea arabica* L.). *Agronomía mesoamericana*, 6(1), 134-139.
- Bolsa de Comercio de Rosario Córdoba. (s.f.). *Etapas de la toma de muestra de análisis de suelo*. Recuperado de <https://www.bcr.com.ar/Laboratorio%20Varios/Instructivo%20toma%20de%20muestras%20de%20suelo.pdf>.
- Boukar, O., Coulibaly, O., Fatokun, C. A., López, K., & Tamò, M. (2010). *Proceedings of the Fifth World Cowpea Conference on improving livelihoods in the cowpea value chain through advancement in science, held*. Saly, Senegal: International Institute of Tropical Agriculture (IITA).
- Bressani, R., Méndez, J. & Scrimshaw, N. S. (1960). Valor nutritivo de los frijoles centroamericanos. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 10(2), 71-84.
- Brito, M., Fernández-Rodríguez, T., Garrido, M. J., Mejías, F., Romano, M., & Marys, E. (2012). First report of cowpea mild mottle carlavirus on yardlong bean (*Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis*) in Venezuela. *Viruses*, 4(12), 3804-3811.
- Broughton, W. J., Hernández, G., Blair, M., Beebe, S., Gepts, P., & Vanderleyden, J. (2003). Beans (*Phaseolus* spp.): model food legumes. *Plant and Soil*, 252(1)55-128.
- Bueno, J. M., & Cardona, C. (2004). *Control de insectos y otros invertebrados dañinos en habichuela y frijol*. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Buruchara, R., Mukankusi, C., & Ampofo, O. (2010). *Bean disease and pest identification and management*. Kampala, Uganda: International Center for Tropical Agriculture (CIAT).
- Cámara de Comercio de Bogotá (CCB). (s.f.). *Manual frijol*. Recuperado de <http://bibliotecadigital.ccb.org.co/bitstream/handle/11520/14313/Frijol.pdf?sequence=1>.
- Cardona, C., Jarma, A., Araméndiz, H., Peña, M., & Vergara, C. (2014). Respuestas fisiológicas y bioquímicas del frijol caupi. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 8(2), 250-261.
- Castro Reyes, Y. (2017). *Análisis del eslabón de producción de la cadena productiva de frijol común en el municipio de Santa Clara* (tesis de pregrado). Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Santa Clara, Cuba.

- Castro, G. (2017). *Establecimiento de un proyecto productivo de 5.000 m² de frijol caupi (Vigna unguiculata) como alternativa de producción agrícola en dos localidades de la región Caribe (Bolívar y Sucre)* (trabajo de pregrado). Universidad de la Salle, Yopal, Colombia.
- Centro Internacional de Agricultura Trópica (CIAT). (16 de marzo de 2018). *Lanzan nuevas variedades de frijol para mejorar la alimentación de los colombianos y responder al cambio climático* [Mensaje en un blog]. Recuperado de <http://blog.ciat.cgiar.org/es/lanzan-nuevas-variedades-de-frijol-para-mejorar-la-alimentacion-de-los-colombianos-y-responder-al-cambio-climatico/>.
- Cerna, L., & León, O. (2015). Determinación del periodo crítico de competencia de las malezas con el cultivo de frijol Caupí. *Vigna unguiculata* (L.) Walp. variedad INIA - 423 vaina verde, bajo condiciones de riego por goteo. *Pueblo Continente*, 26(2), 395-403.
- Chen, C., Tao, C., Peng, H., & Ding, Y. (2007). Genetic analysis of salt stress responses in asparagus bean (*Vigna unguiculata* (L.) ssp. *sesquipedalis* Verdc.). *Journal of Heredity*, 98(7), 655-665.
- Chiquillo Romero, S. (2017). *Producción y comercialización de frijol caupí (Vigna unguiculata) tecnificado como modelo demostrativo en el municipio de Guaranda Sucre* (tesis de pregrado). Universidad de La Salle, Yopal, Colombia.
- Cichy, K. A., Blair, M. W., Galeano Mendoza, C. H., Snapp, S. S., Kelly, J. D. (2009). QTL analysis of root architecture traits and low phosphorus tolerance in an Andean bean population. *Crop Science*, 49(1), 59-68.
- Consumo de frutas y hortalizas. (11 de julio de 2010). *Vanguardia*. Recuperado de <https://www.vanguardia.com/economia/nacional/consumo-de-hortalizas-es-muy-bajo-en-el-pais-IQvl68695>.
- Coronado Coronado, C., & Herrera López, E. (2014). *Actividad alelopática en semillas de Vigna unguiculata L. (frijol cabecita negra). Zea mays L. (maíz) y Solanum lycopersicum L. (tomate) y toxicidad con artemia salina del extracto acuoso y el aceite fijo de la semilla de Canavalia rosea (frijol de playa)* (tesis de grado). Universidad del Atlántico, Barranquilla, Colombia.

- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). (2014). *Cinco genotipos de frijol común preseleccionados por su tolerancia a estrés abiótico: sequía-alta precipitación en ambientes contrastantes del Caribe. Tres genotipos de frijol rojo biofortificado preseleccionados por su tolerancia. Cesar* [Informe final proyecto]. Agustín Codazzi, Colombia: autor.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). (2016). *Caracterización de la variabilidad climática y zonificación de la susceptibilidad territorial a los eventos climáticos extremos (Departamento de La Guajira)*. Mosquera, Colombia: Fondo de Adaptación, Corpoica.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). (2013). *Guía toma de muestras de suelos*. Recuperado de https://asociados.porkcolombia.co/porcicultores/images/porcicultores/convenios/corpoica/VC_G_06_Guia_toma_muestras_de_suelo.pdf.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). (2018). *Sistemas de producción de hortalizas identificados para la región Caribe con la tecnología local de producción, perteneciente al proyecto Análisis socioeconómico, tecnológico y de mercado de las principales hortalizas cultivadas* [Informe final de la meta]. Mosquera, Colombia: autor.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). (s.f.). *Siembra*. Recuperado de <http://www.siembra.gov.co/siembra/main.aspx>.
- Cronquist, A. (1982). *Botánica básica*. Ciudad de México: Compañía Editorial Continental (CECSA).
- Cuadrado, B., Rubio, G., & Santos, W. (2009). Caracterización de cepas de *Rhizobium* y *Bradyrhizobium* (con habilidad de nodulación) seleccionados de los cultivos de frijol caupi (*Vigna unguiculata*) como potenciales bioinóculos. *Revista Colombiana de Ciencias Químico- Farmacéuticas*, 38(1), 78-104.
- De Gouveia, M., Bolívar, A., López, M., Salih, A., & Pérez, H. (2005). Participación de agricultores en la selección de materiales genéticos de frijol (*Vigna unguiculata*) evaluados en suelos ácidos de la Parroquia Espino estado Guárico (Venezuela). *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 2(54), 111-119.
- Del Cura, F., Quintero, J., & Rosas, E. (2015). *Aproximaciones a la medición de la resiliencia en comunidades rurales del Estado Mérida, Venezuela, ante escenarios de cambio climático*. Recuperado de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/58395>.

- De-Paula, C. D., Jarma-Arroyo, S., & Aramendiz-Tatis, H. (2018). Caracterización nutricional y determinación de ácido fítico como factor antinutricional del frijol caupí. *Agronomía Mesoamericana*, 29(1), 29-40.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2016). *3^{er} censo nacional agropecuario. Hay campo para todos*. Recuperado de <http://www.dane.gov.co/files/images/foros/foro-de-entrega-de-resultados-y-cierre-3-censo-nacional-agropecuario/CNATomo2-Resultados.pdf>.
- Díaz, O. (2004). *Evaluación de la estabilidad genética en el rendimiento de ejote de nueve genotipos de frijol rienda (Vigna sesquipedalis L.) en tres municipios de la región Chortí, del departamento de Chiquimula, Guatemala* (tesis de pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Ciudad de Guatemala, Guatemala.
- Ehlers, J. D., & Hall, A. E. (1997). Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.). *Field Crops Research*, 53(1-3), 187-204.
- Elizondo, F. I., Hernández, J. C., & Araya, R. (2004). La evaluación participativa en los procesos de fitomejoramiento del frijol. En Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), *VIII Reunión anual del sector frijolero de Costa Rica* (pág. 25-28.). San Carlos, Costa Rica: autor.
- Escoto, N. D. (2011). *El cultivo del frijol*. Tegucigalpa, Honduras: Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria (DICTA).
- Eslava, J. E. (1993). Climatología y diversidad climática de Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 18(71), 507-539.
- Espinal Tascón, L. S. (1977). *Zonas de vida o formaciones vegetales de Colombia*. Bogotá, Colombia: Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).
- Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas (Fenalce). (2010). *Indicadores sectoriales frijol*. Recuperado de http://www.fenalce.org/archivos/situa_frijol.pdf.
- Federación Nacional de Cerealistas y Leguminosas (Fenalce). (2011). *Situación actual y perspectivas del cultivo de frijol*. Recuperado de http://www.fenalce.org/archivos/Coyuntura_Frijol.pptx.pdf.
- Federación Nacional de Cerealistas y Leguminosas (Fenalce). (2013). *Situación del frijol en Colombia*. Recuperado de http://www.fenalce.org/nueva/plantillas/arch_down_load/Presentacion_Frijol.pdf.

- Federación Nacional de Cerealistas y Leguminosas (Fenalce). (s.f.). *Gestión empresarial y agroindustrial en frijol 2017*. Recuperado de http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:2PhchT9eYt4J:fenalce.org/siembras/archivos_lt/lt_127GESTION-EMPRESARIAL-Y-AGROINDUSTRIAL-EN-FRIJOL-2017.xls+&cd=3&hl=es-419&ct=clnk&gl=co.
- Fernandes Santos, C. A., Campos da Costa, D. C., Da Silva, W. R., & Silva Boiteux, L. (2012). Genetic analysis of total seed protein content in two cowpea crosses. *Crop Science*, 52(6), 2501-2506. doi:10.2135/cropsci.2011.12.0632.
- Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA). (s.f.). *Panorama agroalimentario. Frijol 2016*. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200638/Panorama_Agroalimentario_Frijol_2016.pdf.
- Flor, M. (1985). Revisión de algunos criterios sobre la recomendación de fertilizantes en frijol. En M. López Genes, F. O. Fernández O., & A. van Schoonhoven (Eds.), *Frijol: investigación y producción* (pp. 287-312). Cali, Colombia: Programa de las Naciones Unidas (PNUD), Centro Internacional de Agricultura tropical (CIAT).
- Flórez, A., Pujolá, M., Valero, J., Centelles, E., Almirall, A., & Casañas, F. (2009). Genetic and environmental effects on chemical composition related to sensory traits in common beans. *Food Chemistry*, 113(4), 950-956.
- Flyman, M. V., & Afolayan, A. J. (2008). Effect of plant maturity on the mineral content of the leaves of *Momordica balsamina* L. and *Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis* (L.) verdc. *Journal of Food Quality*, 31(5), 661-671.
- Freytag, G. F., & Debouck, D. G. (2002). Taxonomy, distribution, and ecology of the genus *Phaseolus* (Leguminosae-papilionoideae) in North America, Mexico and Central America. *Sida, Botanical Miscellany*, (23).
- Fundación para la Educación Superior y el Desarrollo (Fedesarrollo). (2017). *Informe mensual del mercado laboral. Mercado Laboral rural*. Bogotá, Colombia: autor
- Gallego, C., Ligarreto, G. A., Garzón, L. N., Oliveros, O. A., & Rincón, L. J. (2010). Rendimiento y reacción a *Colletotrichum lindemuthianum* en cultivares de frijol voluble (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 63(2), 5477-5488.

- Garcés, S., Lomas, L., & Peralta, E. (2008). *Manejo de trips (Thysanoptera: Thripidae) en el cultivo de frejol (Phaseolus vulgaris L.)* [plegable N.º 297]. Quito, Ecuador: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).
- García, J. A., Rodríguez, G., Sáenz, A., & Rebollar, S. (2006). Políticas para mejorar la competitividad de la producción de maíz y frijol en México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 29(2), 115-121.
- García, N. (2011). *Plantas nativas empleadas en alimentación* [Informe final]. Bogotá, Colombia: Instituto Alexander Von Humboldt.
- Gepts, P., Osborn, T. C., Rashka, K., & Bliss, F. A. (1986). Phaseolin-protein variability in wild forms and landraces of the common bean (*Phaseolus vulgaris*): evidence for multiple centers of domestication. *Economic Botany*, 40(4), 451-468.
- Gillaspie, A. G., Hopkins, M. S., & Dean, R. E. (2005). Determining genetic diversity between lines of *Vigna unguiculata* subspecies by AFLP and SSR markers. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 52(3), 245-247.
- Gómez, A. A. (15 de agosto de 2015). Frijoles ancestrales. *El Campesino*, p. 5.
- Gómez, L. (2017). *Estudio de la conversión agroecológica de sistemas agrícolas convencionales de frijol (Phaseolus vulgaris)*, en Carmen de Viboral, Colombia [tesis doctoral]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
- Gómez Padilla, E. J., Argente Martínez, L., Ávila Amador, C., Alarcón Barrero, K., López Sánchez, R., Ruiz-Díez, B., Eichler-Loebermann, B. (2013). Evaluación de la tolerancia a la salinidad en frijol Caupí a partir de variables relacionadas con la nodulación y la acumulación de nitrógeno foliar. *Cultivos Tropicales*, 34(3), 11-16. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362013000300002&lng=es&tlng=es
- Guarín, M. (2003). *Thrips palmi Karny en el oriente antioqueño. Biología, efecto de hongos entomopatógenos y extractos vegetales, comportamiento de sus enemigos naturales e impacto ambiental para su manejo sostenible*. Rionegro, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Guerra, A. (2015). *Ocurrencia estacional de insectos fitófagos en el cultivo de chichayo verdura (Vigna unguiculata subsp. sesquipedalis [L.] Fruwirth, en Iquitos, Perú* (tesis de maestría). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

- Gutiérrez Soto, M. V., Chaves-Barrantes, N. F., Hernández Fonseca, J. C., Araya-Villalobos, R., & Ureña Solís, D. (2009). Ambientes protegidos para el almacenamiento temporal y el secado del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en el campo. *Agronomía Mesoamericana*, 20(2), 255-262.
- Hahn, J. (1991). Biogeografía terrestre del Caribe colombiano. Sinopsis I. *Dugandia*, 4(1), 11-14.
- Herrera, L. (2004). *Los hongos fitopatógenos el suelo en Cuba* (tesis doctoral). Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Santa Clara, Cuba.
- Herrera Flores, T. S., Ortiz Cereceres, J., Delgado Alvarado, A., & Acosta Galleros, J. A. (2014). Contenido de osmoprotectores, ácido ascórbico y ascorbato peroxidasa en hojas de frijol sometidas a estrés por sequía. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(5), 859-870. doi: 10.29312/remexca.v5i5.907.
- Hocdé, H., Hernández, J., Araya, R., Bermúdez, A., Bermúdez, T., & Morera, J. (1999). Proceso de fitomejoramiento participativo con frijol en Costa Rica: la historia de "saca pobres". En Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), *Simposio Internacional y Talleres sobre Fitomejoramiento Participativo (FMP) en América Latina y el Caribe: Un Intercambio de Experiencias (1999, Quito, Ecuador). Fitomejoramiento participativo en América Latina y el Caribe: Memorias de un simposio internacional* [CD-ROM]. Cali, Colombia: autor.
- Holdridgem, L. R., Grenke, W. C., Hatheway, W. H., Liang, T., & Tosi, J. A. (1971). *Forest environments in tropical life zones, a pilot study*. Oxford, Reino Unido: Pergamon Press.
- Hoyos-Carvajal, L., Cardona, A. Osorio, W., & Orduz, S. (2015). Efecto de diversos aislamientos de *Trichoderma* spp. en la absorción de nutrientes en fríjol (*Phaseolus vulgaris*) en dos tipos de suelo. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 9(2), 268-278.
- Hruska, A. (2015, mayo). *Intensificación sostenible de la producción agrícola de la agricultura familiar*. Documento presentado en LX Reunión Anual de la Sociedad del PCCMCA. Ciudad de Guatemala.
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (7 de septiembre de 2015). *Resolución 3168 del 2015*. Recuperado de <https://www.ica.gov.co/getattachment/4e8c3698-8fcb-4e42-80e7-a6c7acde9bf8/2015R3168.aspx>.

- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (s.f.a). *Registro nacional de cultivares comerciales*. Recuperado de <https://www.ica.gov.co/getattachment/Areas/Agricola/Servicios/Evaluacion-Agronomica-y-Control-en-Comercializacio/REGISTRO-NACIONAL-DE-CULTIVARES-COMERCIALES.pdf.aspx?lang=es-CO>.
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (s.f.b) *Semillas. Preguntas frecuentes evaluación agronómica y control en comercialización de semillas*. Recuperado de <https://www.ica.gov.co/preguntas-frecuentes/agricola/semillas.aspx>.
- Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF) & Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (s.f.). *Plato saludable de la Familia Colombiana*. Recuperado de <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SNA/guias-alimentarias-basadas-en-alimentos-mayor-2-anos.pdf>.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2012). *Estudio de los conflictos de uso del territorio colombiano*. Bogotá, Colombia: autor
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). (2008). *Guía de identificación y manejo integrado de enfermedades del frijol en América Central*. Managua, Nicaragua: autor.
- Jacinto Hernández, C., Carrillo Castañeda, G., & Campos Escudero, A. (1996). Caracterización de cuatro variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) por sus cualidades físicas y nutricionales. I. Aspectos metodológicos. *Agronomía Mesoamericana*, 7(2), 37-41.
- Koenig, R., & Gepts, P. (1989). Allozyme diversity in wild *Phaseolus vulgaris*: further evidence for two major centres of genetic diversity. *Theoretical and Applied Genetics*, 78(6), 809-817.
- Kongjaimun, A., Kaga, A., Tomooka, N., Somta, P., Shimizu, T., Shu, Y., ... Srinives, P. (2012a). An SSR-based linkage map of yardlong bean (*Vigna unguiculata* L.) Walp. subsp. *unguiculata* Sesquipedalis Group) and QTL analysis of pod length. *Genome*, 55(2), 81-92.
- Kongjaimun, A., Kaga, A., Tomooka, N., Somta, P., Vaughan, D. A., & Srinives, P. (2012b). The genetics of domestication of yardlong bean, *Vigna unguiculata* (L.) Walp. ssp. *unguiculata* cv.-gr. *sesquipedalis*. *Annals of Botany*, 109(6), 1185-1200.

- Kornegay, J., White, J. W., & Ortiz de la Cruz, O. (1992). Growth habit and gene pool effects on inheritance of yield in common bean. *Euphytica*, 62(3), 171-180.
- Lombana Coy, J., Martínez Martelo, D., Valverde Sánchez, M., Rubio Oquendo, J., Castrillón Cifuentes, J., & Marino Manga, W. (2012). *Caracterización del sector ganadero del Caribe colombiano*. Recuperado de www.uninorte.edu.co/documents/72553/6f470a48-4af1-4e90-9349-e0c4b05ca242.
- Lopera, M., Ordóñez, M. M., Pabón, H., Martínez, A., Figueroa, A., Homez, J., ... Pinzón, F. (2009). *Guía ambiental hortofrutícola de Colombia*. Recuperado de http://www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca_30_guia_ambiental.pdf.
- Lopes, A. C. A., Freire Filho, F. R., Silva, R. B., Campo, F. C. & Rocha, M. M. (2001). Variabilidade e correlações entre caracteres agrônômicos em caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 36(3), 515-520.
- López, C. (1999). *Caracterización de 83 cultivares de frijol (Phaseolus spp. y Vigna spp.) de la zona costera del departamento de San Marcos* (tesis de pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Mazatenango, Guatemala.
- López, R., Sarmiento, C., Espitia, L., Barrero, A. M., Consuegra, C., & Gallego, B. (2016). *100 plantas del caribe colombiano. Usar para conservar: aprendiendo de los habitantes del bosque seco*. Bogotá, Colombia: Fondo Patrimonio Natural.
- López, E., Becerra, E. N., Cano-Reyes, O., Zaleta, D., & Acosta, J. (1996). Adaptación y calidad tecnológica de la variedad de frijol negro tacana. *Agronomía Mesoamericana*, 7(1), 26-34.
- Lozano-Espitia, I., & Restrepo-Salazar, J. C. (2016). El papel de la infraestructura rural en el desarrollo agrícola de Colombia. *Coyuntura Económica: Investigación Económica y Social*, 46(1), 107-147.
- Luzardo, I. A. (2016). *Caracterización y evaluación del potencial antiinflamatorio de la fracción no digerible de una botana horneada de harina de maíz (Zea mays L.) nixtamalizado y frijol común (Phaseolus vulgaris L.) cocido* (tesis de maestría). Universidad Autónoma de Querétaro, Santiago de Querétaro, México.

- Martínez-Reina, A. M. (2013). Caracterización socioeconómica de los sistemas de producción de la región de La Mojana en el Caribe de Colombia. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 14(2), 165-185.
- Martínez, E., Barrios, G., Rovesti, L., & Santos, R. (2006). *Manejo integrado de plagas. Manual práctico*. La Habana, Cuba: Centro Nacional de Sanidad Vegetal (CNSV).
- Matsui, T., & Singh, B. B. (2003). Root characteristics in cowpea related to drought tolerance at the seedling stage. *Experimental Agriculture*, 39(1), 29-38.
- Mayor, V., Raatz, B., & Blair, M. (2016). Desarrollo de líneas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) tolerante a sequía a partir de cruces interacervo con genotipos procedentes de diferentes orígenes (mesoamericano y andino). *Acta Agronómica*, 65(4), 431-437.
- Maxted, N., Mabuza-Dlamini, P., Moss, H., Padulosi, S., Jarvis, A., & Guarino L. (2004). *An ecogeographic survey: African Vigna*. Roma, Italia: International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI).
- Mederos, Y. (2006). Indicadores de la calidad en el grano de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Cultivos Tropicales*, 27(3), 55-62.
- Melo, A., Ariza, P., Lissbrant, S., & Tofiño, A. (2015). Evaluation of agrochemicals and bioinputs for sustainable bean management on the Caribbean coast of Colombia. *Agronomía Colombiana*, 33(2), 203-211.
- Mesa, O. J., Poveda, G., & Carvajal, L. F. (1997). *Introducción al clima de Colombia*. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR). (2017). *Cadena productiva frijol - área, producción y rendimiento*. Recuperado de <https://www.datos.gov.co/Agricultura-y-Desarrollo-Rural/Cadena-Productiva-Frijol-Area-Produccion-y-Rendimiento/dd2e-aj5n>.
- Ministerio del Interior. (2014). *Diagnóstico participativo y comunitario sobre el estado de los derechos fundamentales del pueblo Senú*. Bogotá, Colombia: autor.
- Miquilena, E., & Higuera Moros, A. (2012). Evaluación del contenido de proteína, minerales y perfil de aminoácidos en harinas de *Cajanus cajan*, *Vigna unguiculata* y *Vigna radiata* para su uso en la alimentación humana. *Revista Científica UDO Agrícola*, 12(3), 730-740.

- Morales-Ruiz, M., & Pachón-Ariza, F. A. (2010). Efectos sociopolíticos de la construcción de la hidroeléctrica Urrá I en la comunidad indígena Embera Catío (Colombia). *Agronomía Colombiana*, 28(3), 553-558.
- Morón, M., Carmona, A., Ávila, A., Hernández, P., & Infante, R. (2017). Efecto del consumo de harina de avena (*Avena sativa*) y frijoles negros (*Phaseolus vulgaris*) sobre la actividad de las disacaridasas intestinales en ratas. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*, 37(2), 98-106.
- Naab, J. B., Chimphango, S. M. B. & Dakora F.D. (2009). N₂ fixation in cowpea plants grown in farmers' fields in the Upper West Region of Ghana, measured using ¹⁵N natural abundance. *Symbiosis*, 48(1-3), 37-46.
- Nápoles-Vinent, S., Garza-Borges, T., & Reynaldo-Escobar, I. M. (2016). Respuesta del cultivo de habichuela (*Vigna unguiculata* L.) var. Lina a diferentes formas de aplicación del Pectimorf®. *Cultivos Tropicales*, 37(3), 172-177.
- Negreros-Castillo, P., & De Clerk, F. A. J. (1999). Establecimiento de sistemas agroforestales multiestrato. *Red, Gestión de Recursos Naturales*, (14), 18-21.
- Nienhuis, J., & Singh, S. P. (1986). Combining ability analyses and relationships among yield, yield components, and architectural traits in dry bean. *Crop Science*, 26(1), 21-27.
- Niranjan, S., Shetty, H. S. & Reddy, M. S. (2005). Plant growth promoting rhizobacteria: potential green alternative for plant productivity. En Z. A. Siddiqui (Ed), *PGPR: Biocontrol and Biofertilization* (pp. 197-216). Dordrecht, Holanda: Springer
- Norte de Santander para ver. Recorrer los municipios de Norte de Santander puede convertirse en un verdadero reencuentro con los orígenes de nuestra república. (18 de marzo de 1996). *El Tiempo*, p. 12.
- Obando, D. M. (2012). *Respuesta fisiológica del frijol caupí (Vigna unguiculata (L.) Walp) a la coinoculación de bacterias diazotróficas de los géneros Azotobacter y Rhizobium en suelos del departamento del Cesar* (tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/7266/1/07790779.2012.pdf>.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (s.f.a). *Estrategia mundial sobre régimen alimentario, actividad física y salud. Estrategia mundial: meta general*. Recuperado de <http://www.who.int/dietphysicalactivity/goals/es/>.

- Organización Mundial de la Salud (OMS). (s.f.b). *Estrategia mundial sobre régimen alimentario, actividad física y salud. Fomento del consumo mundial de frutas y verduras*. Recuperado de <http://www.who.int/dietphysicalactivity/fruit/es/index1.html>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2011). *Ahorrar para crecer: guía para los responsables de las políticas de intensificación sostenible de la producción agrícola a pequeña escala*. Roma, Italia: autor.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2014). *Pueblos indígenas presentan recomendaciones para la formulación de políticas de seguridad alimentaria y nutricional*. Recuperado de <http://www.fao.org/colombia/noticias/detail-events/es/c/242024/>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2015). *Comida, territorio y memoria. Situación alimentaria de los pueblos indígenas colombianos*. Bogotá, Colombia: autor.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (s.f.a). *FAOSTAT, Crops*. Recuperado de <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (s.f.b). *La agricultura climáticamente inteligente*. Recuperado de <http://www.fao.org/climate-smart-agriculture/es/>.
- Organización Nacional Indígena de Colombia (ONIC). (s.f.). *Chimilas - Ette Eneka*. Recuperado de <http://www.onic.org.co/pueblos/120-chimilas>.
- Osorio, N. (2011). Microorganismos del suelo y su efecto sobre la disponibilidad de nutrientes en suelos ácidos del trópico. *Suelos Ecuatoriales*, 41(1), 74-91.
- Otzoy, M., R., & Esteban, C. A. (2004). *Evaluación agronomica y de la estabilidad genética de nueve genotipos de frijol rienda (Vigna sesquipedalis L. Fruwith), en el departamento de Chiquimula, Guatemala* [Informe final]. Recuperado de <http://digi.usac.edu.gt/bvirtual/informes/prunian/INF-2003-026.pdf>.
- Palmett, L. E. (2014). *El impacto del posconflicto en el sector agrario colombiano, un análisis desde la gestión pública* [trabajo de grado] Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia. Recuperado de <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/12728>.

- Páez, M. (2015). *Turningpoint®: experiencia TIC de apoyo en el aprendizaje y la evaluación educativa en ingeniería ambiental*. Recuperado de <https://www.acofipapers.org/index.php/eiei2015/2015/paper/viewFile/1292/443>.
- Perea, E. I., Rojas, E., & Villalobos, A. (2003). Diagnóstico de *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae) en tabaco y frijol de García Rovira, Santander. *Revista Colombiana de Entomología*, 29(1), 7-10.
- Peters, M., Franco, L. H., & Oberthür, T. (2006). *Caupí (Vigna unguiculata), una leguminosa multipropósito*. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Peters, M., Franco, L. H., Schmidt, A., & Hincapié, B. (2011). *Especies forrajeras multipropósito opciones para productores del trópico americano*. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Picot, J. A., Koslowski, H. A., Slanac, A. L., Sánchez, S., & de Asís, A. N. (2015). Modificación de variables productivas por inclusión del "poroto caupí" (*Vigna unguiculata*) en la alimentación de cerdos. *Revista Veterinaria*, 26(1), 49-53.
- Polanía, J. A., Chaves, N., Cajiao, C., Beebe, S., & Rao, I. M. (2014). *Evaluación e identificación de líneas de frijol común Phaseolus vulgaris L. tolerantes a altas temperaturas*. Documento presentado en 59 Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos. Recuperado de <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/67047>.
- Pontificia Universidad Católica de Chile. (s.f.). *Frejol*. Recuperado de http://www.7.uc.cl/sw_educ/cultivos/index3.htm.
- Quiroz Cortez, M. G., & Reyes Vallejos, J. (2009). *La cadena agroindustrial del frijol*. Managua, Nicaragua: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).
- Ramírez Gil, J. G., Osorno Bedoya, L., Osorno Vega, N. W., & Morales Osorio, J. G. (2013). Alternativas microbiológicas para mejorar el crecimiento del Caupí. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 66(2), 7035-7044.
- Reis Graeml, A., & Peinado, J. (2014). O efeito das capacidades logísticas na construção de resiliência da cadeia de suprimentos. *Revista de Administração (São Paulo)*, 49(4), p.642-655.

- Red de Información y Comunicación del Sector Agropecuario de Colombia (Agronet). (2018). *Área cosechada, producción y rendimiento de frijol en Colombia 1986-2013*. Recuperado de <http://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/default.aspx>.
- Ríos-Betancour, M., & Quirós-Dávila, J. (2002). *El frijol (Phaseolus vulgaris L.). Cultivo, beneficio y variedades*. Medellín, Colombia: Federación Nacional de Cultivadores de Cereales (Fenalce).
- Ríos Betancour, M., Quirós Dávila, J., & Arias Restrepo, J. (2003). *Fríjol. Recomendaciones generales para su siembra y manejo*. Rionegro, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Rivas, R. (1992). *Producción y mantenimiento de semilla básica de frijol*. Managua, Nicaragua: Centro Nacional de Investigación de Granos Básicos (CNIGB).
- Rivera, M., Polania, J., Borrero, G., Beebe, S., & Rao, I. (2014). Efecto de la compactación de suelo en características morfo-fisiológicas de frijol común. En Sociedad Peruana de la Ciencia del Suelo, & Sociedad Latinoamericana de la Ciencia del Suelo, *XX Congreso Latinoamericano y XVI Congreso Peruano de la Ciencia del Suelo "Educar para preservar el suelo y conservar la vida en la tierra"* (p. 7). Cusco, Perú: autor.
- Rodas, R. (2001). *Determinación del número y periodo óptimo de corte de ejote en fresco de 16 cultivares de frijol rienda (Vigna sesquipedalis L. Fruwirth), bajo condiciones de la granja Zahorí, Cuyotenango, Suchitepéquez* (tesis de pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Ciudad de Guatemala, Guatemala.
- Román, A., & Arias, J. H. (1995). *Tecnología para la producción de frijol arbustivo en las zonas de clima medio del departamento de Antioquia*. Rionegro, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Romero, F. (2004). *Manejo integrado de plagas: las bases, los conceptos, su mercantilización*. Chapingo, México: Universidad Autónoma Chapingo.
- Romero, J. (2015). Producción hortícola en el Caribe colombiano: experiencias Corpoica. En Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), *Seminario Internacional de Cultivos Hortícolas de Altas Temperaturas para el Caribe Colombiano* (pp. 30-39). Cereté, Colombia: autor.
- Rosas, J. C. (2011). Contribuciones del Programa de Investigaciones en Frijol en Centro América y el Caribe. *Ceiba*, 52(1), 65-73.

- Russo, A., Salazar, E., Higuera, A., Castro, L., & Vásquez, S. (2015). Caracterización molecular de germoplasma de frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) con marcadores RAPD. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)*, 32, 419-442.
- Salcedo, S., & Guzmán, L. (Eds.). (2014). *Agricultura familiar en América Latina y el Caribe: recomendaciones de política*. Santiago de Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Salinas Ramírez, N., Escalante Estrada, J., Rodríguez González, M. T., & Sosa Montes, E. (2008). Rendimiento y calidad nutrimental de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.) en fechas de siembra. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 31(3), 235-241.
- Sarco, L. C. (2015). *Efecto de la aplicación foliar de fossil shell agro en el cultivo de frijol caupi (Vigna unguiculata L.)* (tesis de pregrado). Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- Schrire, B. D., Lewis, G. P., & Lavin, M. (2005). Biogeography of the Leguminosae. En G. P. Lewis, B. D. Schrire, B. Mackinder, & M. Lock (Eds.), *Legumes of the world* (pp. 21-54). Londres, Reino Unido: Kew Publishing.
- Shamsser, L., Moher, D., Clarke, M., Gherzi, D., Liberati, A., Petticrew, M., ... Stewar, L. A. (2015). Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols. (PRISMA-P) 2015: elaboration and explanation (PRISMA-P). *BMJ*, 349, g7647. Recuperado de <https://www.bmj.com/content/349/bmj.g7647>.
- Shankar, J. S. (2013). Plant growth promoting rhizobacteria - Potential microbes for sustainable agriculture. *Resonance*, 18(3), 275-281.
- Singh, P. & Voysest, O. (Eds.). (1997). *Taller de mejoramiento de frijol para el siglo XXI: bases para una estrategia para América Latina*. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Singh, S. P., Nodari, R., & Gepts, P. (1991). Genetic diversity in cultivated common bean: I. Allozymes. *Crop Science*, 31(1), 19-23.
- Standley, P. C., & Steyermark, J. A. (1978). *Flora of Guatemala*. Chicago, EE. UU.: Chicago Natural History Museum.
- Tamayo, P. J., & Londoño, M. (2001). *Manejo integrado de enfermedades y plagas del frijol: manual de campo para su reconocimiento y control*. Rionegro, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).

- Tamayo, P. J., Aguilar, P. A., & Velásquez, C. (2013). *Modelo tecnológico para el cultivo de frijol voluble (Phaseolus vulgaris L.) en el departamento de Antioquia*. Mosquera, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Tofiño-Rivera, A. P., Pastrana-Vargas, I. J., Melo-Ríos, A. E., Beebe, S., & Tofiño-Rivera, R. (2016). Rendimiento, estabilidad fenotípica y contenido de micronutrientes de frijol biofortificado en el Caribe seco colombiano. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 17(3), 309-329.
- Tohme, J., González, D. O., Beebe, S., & Duque, M. C. (1996). AFLP analysis of gene pools of a wild bean core collection. *Crop Science*, 36(5), 1375-1384.
- Torres, F., & Berrú, M. (s.f.). *Frijol caupí. Manual de manejo de frijol caupí para producir semilla*. Piura, Perú: Fundación Romero.
- Tumi, A. (2008). *Alianza público-privada para la articulación al mercado con objetivos de desarrollo sostenible: experiencia de los productores de frejol caupí en el distrito de Morropón*. Piura, Perú: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Programa Desarrollo Rural Sostenible (PDRS).
- Uddin, M. S., Rahman, M. M., Alam, M. Z., Awal, A., & Mazed, M. A. (2013). Insect Pests of Yard Long Bean (*Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis* L.) in Major Growing Areas of Bangladesh. *The Agriculturists*, 11(2) 66-73.
- Ulloa, J. A., Rosas, P., Ramírez, J. C., & Ulloa, B. E. (2011). El frijol (*Phaseolus vulgaris*): su importancia nutricional y como fuente de fitoquímicos. *Revista Fuente*, 3(8), 5-9.
- Valderrama, Y., Núñez, C. E., & Duarte, A. (1997a). Evaluación de 26 genotipos de frijol caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) en la zona de vega del río Arauca. *Agronomía Colombiana*, 14(2), 127-137.
- Valderrama, Y., Núñez, C. E., & Duarte, A. (1997b). Análisis de la tecnología local de producción de frijol caraota. *Agronomía Colombiana*, 14(2), 119-126.
- Vargas, G., & Gómez, C. E. (2003). La desertificación en Colombia y el cambio global. *Cuadernos de Geografía*, 12(1-2), 121-134.
- Varón, A. (25 de agosto de 2016a). *Llegó la hora de hablar de frijol en Colombia* [Mensaje en un blog]. Recuperado de <http://blog.ciat.cgiar.org/es/llego-la-hora-de-hablar-de-frijol-en-colombia/>.

- Varón, A. (6 de septiembre de 2016b). *Productores buscan darle el rol protagónico al frijol en Colombia* [Mensaje en un blog]. Recuperado de <http://blog.ciat.cgiar.org/es/productores-buscan-darle-el-rol-protagonico-al-frijol-en-colombia/>.
- Ventura, R. (1991). Fenología y fenometría de una variedad y una línea de frijol (*Phaseolus vulgaris*) en la zona occidental de El Salvador. *Agronomía Mesoamericana*, 2, 56-60.
- Viloria de la Hoz, J. (2006). *Subregiones productivas del Caribe colombiano*. Recuperado de http://www.banrep.gov.co/docum/Lectura_finanzas/pdf/lbr_subregiones.pdf.
- Vivas, N. J. (2014). *Caupí (Vigna unguiculata) y Canavalia (Canavalia brasiliensis) como materias primas no convencionales en alimentación de pollos de engorde* (tesis de doctorado). Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Colombia.
- Voysest, O. (2000). *Mejoramiento genético del frijol (Phaseolus vulgaris L.): legado de variedades de América Latina 1930-1999*. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Wakelin, S. A., Warren, R. A., Harvey, P. R., & Ryder, M. H. (2004). Phosphate solubilization by *Penicillium* spp. closely associated with wheat roots. *Biology and Fertility of Soils*, 40(1), 36-43.
- Yobo, K. S., Laing, M. D., & Hunter, C. H. (2009). Effects of single and dual applications of selected *Trichoderma* and *Bacillus* isolates on performance of dry bean seedlings grown in composted pine bark growth medium under shadehouse conditions. *Journal of Plant Nutrition*, 32(8), 1271-1289.

Glosario

Acervo genético. La suma total de todos los genes y de la información genética poseída por una población dada reproductiva de animales, plantas o microorganismos; para el punto de colección de material genético.

Agricultura familiar. El término incluye todas las actividades agrícolas realizadas por la familia y fundamentadas en la mano de obra aportada por los hombres y las mujeres.

Arcillas expandibles. La arcilla es un silicato de aluminio hidratado que forma láminas compuestas por partículas de tamaño inferior a cuatro micras. Ciertos tipos de arcilla con varias láminas tienen la propiedad de expandirse cuando se hidratan, como la montmorillonita, y al desecarse se tornan frágiles y quebradizas, lo que les hace perder su volumen.

Aridisoles. Corresponden al orden de suelo de mayor distribución a nivel global. Pueden encontrarse en zonas con régimen de humedad baja, donde la evaporación supera la precipitación, además, presentan bajo contenido de materia orgánica y salinidad elevada que limita el establecimiento de la vegetación.

Arvenses. Malezas que acompañan un cultivo agrícola.

Arreglo multiestrato. Es un tipo específico de sistema agroforestal que no incluye el componente arbóreo, pero sí el arbustivo y semileñoso en policultivo con especies frutales, hortícolas, tuberosas y aromáticas.

Autógama. Tipo de reproducción sexual en vegetales que consiste en la unión de gametos, ambos aportados por el mismo individuo. En algunos casos cuando la flor madura se abre, y ya ha sido polinizada con polen proveniente de sí misma. Es común en plantas con flores hermafroditas o plantas que poseen flores masculinas y femeninas.

Biosocial. Relacionado con los procesos que reflejan la interacción de factores biológicos y sociales.

Calidad culinaria. Conjunto de características organolépticas y sensoriales que determinan que el producto sea apetecido por cierto grupo social. La calidad culinaria presenta un fuerte componente cultural, dado que las características esperadas para el arroz cocido son diferentes para los grupos asiáticos respecto

a los latinoamericanos. La calidad culinaria incluye aspectos como tiempo de cocción, apariencia y consistencia.

Calidad sensorial. Atributos de los alimentos que incluyen aspecto o apariencia, olor, color, sabor y textura; estos, evaluados en conjunto, determinan en el consumidor la sensación de aceptación o rechazo. La calidad, en este sentido, será mayor en productos que al consumirse generan sensación de aceptación.

Chancros. Sintomatología observable en vegetales relacionada con enfermedades fúngicas o bacterianas. Consiste en manchas oscuras en hojas, tallos o frutos que se necrosan y forman depresiones en el tejido.

Conductividad hidráulica. Se define como la tasa de movimiento del agua a través de un cuerpo poroso, como el suelo o un acuífero.

Cosmovisión. Conjunto de creencias que permiten analizar e interpretar el mundo o la realidad desde una perspectiva individual o colectiva.

Entisol. Orden de suelos que se refiere a las formaciones edáficas más recientes. Se caracteriza por presentar perfiles con capas poco diferenciadas, donde el perfil AC es el más característico del orden.

Estrés abiótico. Limitantes del orden ambiental que excluyen los factores biológicos y afectan el agroecosistema de manera esporádica o continua.

Evapotranspiración del cultivo de referencia. Es a la tasa de evapotranspiración de una superficie de referencia, bajo condiciones irrestrictas de agua. La superficie de referencia corresponde a un cultivo hipotético de pasto con características determinadas.

Fenología. Relación entre los factores climáticos y los ciclos de vida de los seres vivos.

Filotaxia. Tipo de arreglo de las hojas y ramas en su inserción en el tallo.

Fitopatógenos. Microorganismos que ocasionan enfermedades en los vegetales, debido a los disturbios que ocasionan en el metabolismo celular.

Fluventic Haplustepts. Este subgrupo de suelos se localiza en climas secos de montaña, lomerío y altiplanicie, con profundidades máximas de 1,25 m, saturación de bases del 60 % y disminución en el contenido de carbono orgánico iguales o superiores a 0,2 %.

Hábito de crecimiento. Descriptor que permite diferenciar si los vegetales corresponden a hierbas, arbustos, enredaderas o árboles. En el caso del frijol, permite diferenciar tipos arbustivos de postrados y volubles.

Hongos micorrícicos. Microorganismos del suelo benéficos que se asocian con las raíces de las plantas para facilitar la economía hídrica y la solubilización de fosfatos del suelo para hacerlos disponibles; producen sustancias que favorecen el crecimiento al vegetal.

Humedad relativa. Contenido de vapor de agua en la atmósfera en un momento determinado.

Inceptisol. Suelos que no están completamente desarrollados por la meteorización físico-química con horizontes de diagnóstico poco evolucionados, aunque con mayor desarrollo que los entisoles. En estos se presentan uno o más horizontes de diagnóstico, cuya génesis es de rápida formación, con procesos de translocación de materiales o meteorización extrema.

Meristemo apical. Es el responsable de la elongación de los tejidos, pues a partir de este se deriva el cuerpo primario de la planta y se encuentra ubicado en ápices de raíces y tallos, principales y laterales.

Microorganismos antagonistas. Función microbiana relacionada con hongos, levaduras y bacterias que ejercen control sobre fitopatógenos, lo cual disminuye la infección y la expresión de la enfermedad en las plantas.

Modelo productivo agrícola. Proceso productivo de alimentos o materias primas para cubrir las necesidades humanas y las demandas de un mercado determinado. El modelo incluye factores tecnológicos, sociales, económicos, ecológicos y culturales.

Molisol. Categoría de suelos caracterizada por la presencia de un horizonte superior rico en materia orgánica, que les confiere una apariencia oscura y riqueza en bases. Están ubicados bajo condiciones climáticas variables, pero principalmente en praderas que aportan altos niveles de materia orgánica durante el año.

Morfoagronómico. Conjunto de variables que describen las características fenotípicas del vegetal y su respuesta al ambiente, es decir, condiciones agro-ecológicas y de manejo en términos de rendimiento y calidad del producto.

Nódulos radicales. Protuberancias que se forman en las raíces de las leguminosas por causa de la infección y al establecimiento de bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico, las cuales mantienen una relación benéfica con estos vegetales.

pH. Propiedad fisicoquímica que indica concentración del ion hidrógeno en la solución del suelo.

Profundidad efectiva. Volumen de suelo donde el sistema radical del vegetal puede expandirse sin mayores obstáculos en su búsqueda de agua y nutrientes.

Radiación fotosintéticamente activa. Cantidad de radiación luminosa que incide en determinado momento sobre la superficie foliar, con longitudes de onda efectivas para la realización del proceso fotosintético.

Recurso genético. Material con unidades funcionales de la herencia de cualquier organismo biológico.

Rizobios. Bacterias del suelo que tienen la capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico inorgánico y convertirlo en moléculas asimilables por las plantas y otros organismos. También tienen la maquinaria genética necesaria para colonizar las raíces y asociarse con las plantas.

Salino sódico. Suelo con exceso de sales solubles, principalmente cloruro de sodio.

Saturación de aluminio. Según el pH, el aluminio puede estar de forma soluble, intercambiable y tóxica para las plantas (Al^{3+}), o de manera polimerizada como hidróxidos de aluminio o aluminatos. El término indica el porcentaje de la acidez potencial del suelo, que está dada por el aluminio intercambiable (Al^{+3}).

Saturación de bases. Corresponde a la cantidad de iones cargados positivamente, con exclusión de iones de hidrógeno y aluminio, que son absorbidos en la superficie de las partículas del suelo y se expresa como porcentaje. La saturación de bases se relaciona positivamente con el pH del suelo, dado que un valor de saturación de bases alto implicaría que los sitios de intercambio de una partícula de suelo están dominados por iones no ácidos.

Sello orgánico. Los productos orgánicos certificados son aquellos que se producen, almacenan, elaboran, manipulan y comercializan de conformidad con normas que garantizan que el sistema de producción no perjudica al medio ambiente, y cuya certificación de productos orgánicos corre a cargo de un organismo especializado que concede una etiqueta al producto.

Senescencia. Cambios sufridos por los elementos de un sistema frente al paso del tiempo. En el caso de los vegetales, el tejido foliar tiene una duración inferior al ciclo productivo, por lo cual la caída de las hojas se relaciona con el proceso de senescencia, al igual que la marchitez del vegetal al término de su ciclo de vida.

Suelo rizosférico. Volumen de suelo inmediato a las raíces vivas del vegetal, que se caracteriza por su alta actividad microbiana.

Talleres de consenso. Metodología para la captura de información, a partir del acuerdo de un grupo o comunidad en torno a un tema de interés general.

Tecnología local de producción. Conjunto de técnicas y conocimientos utilizados para la producción en un lugar específico, que fomenta la capacidad local.

Textura. Proporción relativa de los componentes sólidos del suelo (arena, limo, arcilla).

Topografía. Conjunto de características que presenta la superficie o el relieve de un terreno.

Typic Ustorthents. Subgrupo dentro de los entisoles, formado en zonas con climas cálidos, donde las lluvias intensas y esporádicas provocan erosión sobre el relieve más quebrado, lo que forma una capa de poco espesor sobre el material parental.

Variedades locales. Término que hace referencia a las plantas autóctonas, es decir, a aquellas que pueden tener el estatus de nativas o naturalizadas, que no han sido objeto de mejoramiento genético convencional y que se han mantenido por los productores de generación en generación. Presentan, además, ubicación geográfica determinada, heterogeneidad y selección por parte de los productores.

Variedades mejoradas. Grupo de plantas con características morfoagronómicas uniformes, estables y predecibles en un ambiente determinado, y que han sido producto de las técnicas del mejoramiento genético.

Vertisoles. Suelos negros con altas cantidades de arcillas expansivas como la montmorillonita que, al desecarse en estaciones de baja pluviosidad, generan agrietamientos pronunciados en su superficie.

www.siembra.gov.co



El campo
es de todos

Minagricultura