

# Metodología para proyectar variedades agrícolas mejoradas en sistemas regionales de innovación: el caso del fríjol biofortificado en el Caribe seco colombiano

López López, Antonio José; Rozo Laguizamón, Yanine; Tofiño Rivera, Adriana

**Antonio José López López**

ajoselop33@gmail.com

CEDRU, Colombia

**Yanine Rozo Laguizamón**

yrozo@agrosavia.co

AGROSAVIA, Colombia

**Adriana Tofiño Rivera**

atofino@agrosavia.co

AGROSAVIA, Colombia

**Estudios Rurales. Publicación del Centro de Estudios de la Argentina Rural**

Universidad Nacional de Quilmes, Argentina

ISSN: 2250-4001

Periodicidad: Semestral

vol. 12, núm. 25, 2022

estudiosrurales@unq.edu.ar

Recepción: 06 Marzo 2021

Aprobación: 15 Diciembre 2021

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/181/1813123007/>



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-  
NoComercial-CompartirIgual 2.5 Argentina.

**Resumen:** Experiencias en el medio latinoamericano indican que el éxito en la implementación de sistemas regionales de innovación agropecuaria radica en su apropiada priorización y alineación con las potencialidades del territorio. Atributos de valor como la biofortificación y la disponibilidad de paquetes tecnológicos sostenibles para la producción de fríjol resultan insuficientes para facilitar la adopción sostenible de las primeras variedades mejoradas en el Caribe seco colombiano. La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia), concedora de esta problemática, incluye la noción de “territorio” en su accionar, para incrementar el impacto social de su oferta tecnológica. En este sentido, realiza un análisis multidimensional para identificar estrategias de vinculación de estas variedades y así proponer una aproximación metodológica extensiva a la proyección territorial de variedades mejoradas en otras especies.

**Palabras clave:** Phaseolus vulgaris L, innovación, desarrollo rural, cambio tecnológico, mercados de productos básicos, agricultura familiar.

**Abstract:** Experiences in the Latin American environment indicate that the success in the implementation of regional agricultural innovation systems lies in their proper prioritization and alignment with the potentialities of the territory. Value attributes such as biofortification and the availability of sustainable technology packages for bean production are insufficient to facilitate the sustainable adoption of the first improved varieties in the Colombian dry Caribbean. Agrosavia (Colombian Agricultural Research Corporation), aware of this problem, includes the notion of territory in its action, for to increase the social impact of its technological offer. In this sense, it therefore applies a multidimensional analysis to identify linking strategies for these varieties and so to propose a methodological approach extends to the territorial projection of improved varieties in other species.

**Keywords:** Phaseolus vulgaris L, innovation, rural development, technological change, commodity markets, family farming.

## INTRODUCCIÓN

En los países de América Latina y particularmente en Colombia la actividad agrícola se enfrenta a limitantes entre los que sobresale la desertización en zonas cálidas como resultante, entre otros factores, de la variabilidad climática y la actividad humana (Granados et al., 2013). La proyección de incrementos de temperatura y cambios en el régimen de precipitación amenazan convertir los rasgos positivos en críticos al alterar las zonas aptas para cultivos básicos como el frijol, lo cual exige una mayor flexibilidad de los sistemas agrícolas frente a los cambios estacionales (Lau, Jarvis & Ramírez, 2011; Alarcón y Pabón, 2013; Del Castillo, Fonseca, Mantilla & Mendieta, 2012). De acuerdo con lo anterior, en el contexto de cambio climático regional, existen limitantes técnicas que en conjunto afectan la competitividad del frijol en el Caribe seco colombiano. Su rendimiento promedio, inferior al del nivel nacional, se asocia a factores entre los que sobresalen la alta presión de limitantes bióticos y abióticos, carencia de tecnologías de riego a bajo costo, baja oferta de materiales mejorados y el manejo inadecuado de cosecha y postcosecha (Arias, Jaramillo & Rengifo, 2007) (Melo et al., 2015). Adicionalmente, se identifican limitaciones de política pública, gremiales y normativas (Gallego, Ligarreto, Garzón, Oliveros & Rincón, 2010).

Los factores descritos revelan la importancia de incluir variedades mejoradas adaptadas a las condiciones bioclimáticas, de establecer modelos productivos que respondan a la vulnerabilidad eco-ambiental y de ejecutar acciones orientadas a consolidar la cadena de suministro en el territorio (AGROSAVIA, 2018a). En zonas vulnerables de Colombia, como el Caribe seco en los departamentos de Cesar, Guajira y Magdalena, cobran relevancia los cultivos que además de incrementar sus valores nutricionales conserven o mejoren la calidad del suelo y presenten consumos moderados de agua. Es el caso del cultivo de frijol con tradición productiva en zonas de ladera del departamento del Cesar, al norte de Colombia, el cual forma parte importante de la canasta básica regional en razón a que sus variedades mejoradas, registradas para esta zona, presentan alta calidad nutricional, tolerancia al déficit hídrico, buen desempeño agronómico y efectos positivos sobre el suelo (Melo et al., 2015; Tofiño et al., 2016 a, b).

El objeto entonces de este trabajo es construir lineamientos generales de una metodología que permita proyectar variedades agrícolas mejoradas, como las de frijol biofortificado AGROSAVIA rojo 39 y rojo 43, en sistemas regionales de innovación, a través de la descripción de los procedimientos seguidos por Agrosavia, en Colombia, para lograr la aceptación de productores y consumidores en el Caribe seco colombiano y en otras regiones del país y de los países latinoamericanos.

## DE LOS BENEFICIOS Y LA RESISTENCIA A LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA AGROPECUARIA

En este primer apartado se describen los beneficios de las variedades mejoradas de frijol, tanto para los productores como los consumidores, y la no aceptación de esta innovación tecnológica agropecuaria en comunidades étnicas del Caribe seco colombiano.

### Beneficios de la innovación en frijol

La biofortificación, que funge como criterio para combatir el hambre oculta en los países en vías de desarrollo, requiere en gran proporción de la voluntad de los cultivadores y consumidores para aceptar las nuevas variedades mejoradas (Talsma et al., 2017). Para los primeros, su adopción depende de los atributos de las variedades mejoradas como alto rendimiento, resistencia a plagas y enfermedades, tolerancia a la sequía, disponibilidad de semilla y facilidad de comercialización. Para los consumidores, por su parte, el mejoramiento en las características sensoriales y la información sobre sus beneficios para la salud, determinan para el cambio en el consumo hacia los biofortificados.

Respecto de la calidad sensorial de los frijoles biofortificados investigaciones en América Latina la identifican igual o superior a la de los frijoles regulares. Estudios realizados en Cuba, Guatemala y Nicaragua indican la inexistencia de preferencias entre consumidores; otros adelantadas en Nicaragua con tres genotipos élite registran que, aunque no hubo preferencia, el control regular presenta un mayor puntaje, mientras otros cinco estudios indican rasgos sensoriales a favor de los frijoles biofortificados (Talsma et al., 2017). Respecto del contenido de micronutrientes algunos autores identifican tasas de absorción total superiores frente a variedades no biofortificadas (La Frano et al., 2014). Investigaciones en El Salvador muestran que la mayor retención de micronutrientes en frijól biofortificado se da en harina cruda seguido de harina precocida, grano cocido y freído, con altos valores en porcentaje de retención de hierro y zinc respectivamente (Calderón, 2012).

En Colombia la variedad de frijól biofortificado AGROSAVIA rojo 43 obtenida en alianza con el CIAT, presenta calidad sensorial igual o superior a los frijoles regulares. En el Caribe seco colombiano los frijoles biofortificados preparados en las recetas tradicionales de la zona, no muestran diferencias en apariencia con los tradicionales, pero sí en su positiva calidad sensorial, textura y espesor del caldo (Tofiño et al., 2011). Precisamente la dupla, AGROSAVIA-CIAT realiza en Colombia positivos estudios sobre la biodisponibilidad de nutrientes en harina de frijól biofortificado diluida en mezcla con trigo y yuca, la que también se utiliza en la producción de galletas biofortificadas para los niños escolares. En general el estudio muestra proteína (35,9 g kg<sup>-1</sup>), Zn (44,7 mg kg<sup>-1</sup>), hierro (113,5 mg kg<sup>-1</sup>) y fibra cruda (34,8 g kg<sup>-1</sup>) (Cabal et al., 2014). El análisis de biodisponibilidad in vitro registra una alta calidad de la harina de frijól biofortificado dado que el porcentaje de Fe dializable es un indicador confiable de su disponibilidad en los alimentos.

Los beneficios de los productores al adoptar los frijoles biofortificados, por su parte, se relacionan con la generación de valor agregado por su alto valor nutricional y la reducción en sus costos de producción. El mayor contenido nutricional permite a las familias Arhuacas de la Sierra Nevada de Santa Marta suplir la demanda de grano de los comedores escolares de los colegios establecidos en su resguardo. Actualmente no hay un precio diferencial entre los frijoles biofortificados y los no biofortificados disponibles en el mercado. Lo que sí existe es una mayor percepción de valor agregado por sus características de composición nutricional, lo que incide en su preferencia frente a sus competidores. Hoy el precio del frijól producido por los Arhuacos se encuentra dentro del rango de precios para el mercado de los frijoles y del precio actual de venta de la que se deriva una utilidad aproximada de 42,5%. Sin embargo, la estrategia de sostenibilidad para comunidades ancestrales puede alcanzar mayor beneficio bruto si se logran los estándares de calidad en la selección y empaque para su comercialización en mercados de origen étnico, orgánico o altos en hierro, por ejemplo, cuyos precios superan el actual margen de utilidad[1].

El seguimiento del desempeño de la variedad biofortificada en las comunidades étnicas, en años posteriores a la entrega de semilla certificada, muestra que bajo diferentes tecnologías locales de cultivo (baja y alta tecnificación), presenta mayor productividad que el promedio regional con variedades locales o regulares. No deben existir diferencias en los costos de producción, por lo tanto, para el cambio de frijoles regulares a biofortificado AGROSAVIA rojo 43. Sin embargo, los talleres de costos realizados con estas comunidades que reciben la semilla indican que la variedad biofortificada presenta mayor tolerancia a las plagas y enfermedades propias de la región. Requieren así un 30% menos de controles químicos de plagas y enfermedades, que el frijól más sembrado en el Caribe conocido como rosado zaragoza, lo que disminuye los costos de producción por hectárea en 15% (AGROSAVIA, 2019).

### *De la resistencia a la innovación en frijol*

Las comunidades Arhuacas manejan las enfermedades, especialmente antracnosis y pudriciones radicales, arrancando las plantas con alto nivel de afectación en el brote y las plantas muertas, para lo que se utiliza 10 jornales por ciclo. El manejo es solo curativo y de los 8 controles que en promedio se realiza para las

variedades tradicionales de frijol, solo 3 se realizan con la variedad biofortificada, lo que representa un ahorro de 5 jornales. Ahora, dado que el frijol biofortificado tolera la sequía, puede sembrarse en la época seca a diferencia del tradicional cuyo control de plantas muertas solo requiere de 2 jornales y en época de siembra tradicional 4 jornales. En total los 11 jornales corresponden a un ahorro de 100 dólares en un costo total de producción por hectárea de 575 dólares[2].

A pesar de los beneficios descritos del frijol biofortificado AGROSAVIA rojo 43, su aceptación y vinculación tecnológica al Caribe seco colombiano choca con la resistencia de sus comunidades étnicas en la Sierra Nevada de Santamarta. Es un choque de su cultura ancestral que conserva las prácticas de sus antepasados prehispánicos, con la cultura occidental de corte empresarial. Esto exige la construcción colectiva de estrategias metodológicas de vinculación tecnológica, más allá de la tradicional extensión agropecuaria transferencista, vigente desde la Revolución Verde, en las que se tengan en cuenta las territorialidades múltiples inmersas en la zona de vida para la cual se registra.

### *De los conceptos que referencian la innovación tecnológica agropecuaria*

Los conceptos de territorio y territorialización, extensión, innovación y vinculación tecnológica son referentes para el abordaje de la investigación en Agrosavia, cuyos resultados sirven de insumos para este trabajo. El concepto tradicional de territorio que se asume desde una visión “areolar”, se inspira en la conformación de los estados nacionales. Define una extensión de tierra, medible, de dimensiones y límites definidos, es algo físico, estático, de forma y contenido perdurable en el tiempo, que se puede delimitar y poseer propiedad sobre él, algo que se puede reglamentar y normalizar para su adecuado manejo, administración o gestión. Sobre esta base la geografía define el concepto occidental y moderno de “territorio” como el estudio del medio físico, y la etología como el estudio del comportamiento de los animales, que incluye al Hombre, en ese medio físico o medio ambiente. La geografía asume así territorio como una apropiación del espacio continuo, un resultado de la proyección de las estructuras específicas de un grupo humano sobre un espacio dado o la conservación de la idea de un dominio personal o colectivo (Monnet, 1999). El “proceso de territorialización” se interpreta, entonces, como el encontrar un objeto territorial –un objeto ya materializado en el espacio–, para después buscar quién lo definió, apropió y concretó.

Desde principios del siglo XXI otras disciplinas además de la geografía, conceptualizan “territorio” como un recurso valorado y definido según los intereses de quien lo valora, lo que conduce a la geografía a invertir la interpretación de proceso de territorialización: “no se trata tanto de encontrar un objeto territorial (ya materializado en el espacio) para después buscar quien lo definió, apropió y concretó, sino de observar el sistema de actores geográficos en sus interrelaciones para inferir cómo maneja al espacio para territorializarse” (Monnet, 1999, p. 2). Se cumplen así las siguientes condiciones: 1) el espacio es territorializado por un actor geográfico, o sea una entidad definida por su acción en o sobre el espacio; 2) no existe un territorio en sí mismo ya que sólo se puede hablar de territorio si se puede identificar el actor geográfico que le corresponde y lo produjo, y 3) el territorio se considera como un producto, como un espacio producido en ciertas condiciones, un espacio que se concibe para ciertos fines, por ciertos actores (Monnet, 1999).

A esta visión “areolar” de territorio y a su moderna conceptualización de principios del actual milenio, se opone un concepto premoderno apoyado sobre una visión “reticular” del concepto de “espacio reticulado”. Es una visión premoderna de la nación indígena concebida como una “cadena de mallas flexibles, vinculada por redes de alianzas y estructurada por un espacio reticulado de caminos y nexos de lugares” (Bonnemaison, 1986, p. 371).

Este trabajo acoge la propuesta de considerar las redes (reticular) y las zonas o áreas (areolar), como las dos caras de la construcción territorial (Monnet, 1999, p. 4). Así, las relaciones que existen entre el Caribe seco colombiano como territorio con características productivas específicas desde una visión areolar, y un

territorio con una serie de redes que conforman un tejido cuya estructura se construye a través de alianzas o nexos entre actores sociales de diferentes lugares, desde una visión reticular permiten asumir la territorialización como un proceso en el que estas dos visiones se solapan y retroalimentan.

La territorialidad areolar del habitante rural del Caribe seco colombiano define el área de sus prácticas productivas, pero al considerar además de estas, las prácticas de distribución, transporte, comercialización y distribución del producto, que cubren el mismo espacio, se puede definir un territorio común, constituido como una área, zona o extensión por la densidad de territorialidades reticulares confinadas en el mismo espacio. Este es un razonamiento válido pues considera un sistema productivo y distribuidor en donde “hay lugares precisos de producción, almacenamiento y distribución entre los cuales existe una red de relaciones y flujos (inputs y outputs: mandos, encargos, pedidos, dinero, información, etc.), lo que permite definir el área productiva de un agente económico o una zona de mercado” (Monnet, 1999, p. 3). Estas se constituyen en “actividades de innovación”, entendidas como “todos los pasos científicos, tecnológicos, organizacionales, financieros y comerciales, incluyendo inversión en nuevo conocimiento, que potencialmente tienen como resultado la implementación de innovaciones” (OCDE, 2005, p. 65).

De otra parte, la Extensión Rural (ER), relevante para combatir la pobreza extrema (FAO, 2014), visibiliza una concepción transferencista en la que, desde una visión areolar, no evidencia el ejercicio de actividades asociadas a la noción de “sistemas de innovación” (Landini, 2016). Sin embargo, el espectro de este primer concepto de Extensión Rural (ER) fluctúa desde la extensión o transferencia tecnológica convencional hasta el soporte a dinámicas de vinculación científico-tecnológica en los niveles nacional, regional y local (Aguirre, 2012). En este sentido, este trabajo asume el concepto de “innovación” como “La implementación de un producto (bien o servicio) o proceso nuevo o con un alto grado de mejora, o un método de comercialización u organización nuevo aplicado a las prácticas de negocio, al lugar de trabajo o a las relaciones externas” (OCDE, 2005, p. 33). El servicio de Extensión Rural (ER) que transfiere conocimientos de forma lineal, del que los posee al que los requiere, se transforma ahora en vinculación científico-tecnológica agropecuaria, caracterizado por una retroalimentación de doble vía. La implementación de frijol biofortificado en el Caribe seco colombiano, no es más que la “introducción de un bien o servicio nuevo o con un alto grado de mejora, respecto a sus características o su uso deseado” en el que el servicio de innovación científico-tecnológica cumple un papel fundamental (OCDE, 2005, p. 33-37).

Es importante resaltar que, dado que la biofortificación en frijol es un rasgo en el que se presenta influencia genotípica, ambiental y de interacción genotipo y ambiente, al igual que en su rendimiento, resulta inadecuado generalizar los resultados obtenidos en zonas diferentes del mundo y cultivares distintos ya que es importante revisar la variedad específica y las condiciones socioculturales y ecológicas donde se realiza el estudio. Es por esto por lo que las variedades biofortificadas se registran para un dominio de recomendación específico (zona de vida), en el que la promesa de valor se mantiene de modo sostenible mientras se guarde la identidad genética de la variedad. Frente a esto se puede afirmar que la variedad de frijol biofortificado AGROSAVIA rojo 43, en la zona del Caribe seco colombiano no tiene requisitos de suelo y ha sido estable después de su entrega a los productores (Tofiño et al., 2016a). En este sentido, Agrosavia contribuye al cambio técnico a través del mejoramiento de la capacidad técnica del cultivador por medio de la vinculación científico-tecnológica agropecuaria, a través de la gestión de conocimiento en redes de innovación con enfoque territorial (CORPOICA, 2017), modelo que tiene en cuenta las visiones areolar y reticular de territorialización que a continuación se describe.

## METODOLOGÍA PARA LA VINCULACIÓN CIENTÍFICO-TECNOLÓGICA AGROPECUARIA

La propuesta para implementar la positiva adopción de frijol biofortificado en el Caribe seco colombiano es multidimensional dado que se articulan y analizan técnicas derivadas de diferentes áreas de conocimiento,

desde la integración de las visiones areolar y reticular de territorialización. A continuación, se presenta una apretada síntesis del paso a paso del proceso de innovación.

## Definición de núcleos productivos de frijol

Desde una visión areolar se aplica una metodología de priorización que permite identificar núcleos productivos de frijol común. Se emplean los microdatos anonimizados del Tercer Censo Nacional Agropecuario (3er CNA) elaborados por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) [3]. Estos datos se procesan de la siguiente manera: 1. se eliminan de registros correspondientes a áreas no municipalizadas o municipios no incluidos en su totalidad bajo la modalidad de rutas operativas del DANE, y predios sin identificación predial ni cédula catastral; 2. se seleccionan las Unidades de Producción Agrícola (UPA) con cultivos de Frijol y 3. se identifican las UPA's del departamento del Cesar. Posteriormente se determinan los municipios con mayor área establecida de frijol, información que se compara con datos de las Evaluaciones Agropecuarias Municipales (EVAs) de los últimos 10 años, y se establecen así las localidades más estables en su vocación productiva.

## Identificación de zonas de aptitud para el cultivo de frijol en la región

Desde la visión areolar se consideran las variables biofísicas (climáticas y edáficas) que más limitan el establecimiento del cultivo. Con información secundaria y consultas a investigadores expertos en el manejo del frijol, se definen umbrales de aptitud por cada variable, obteniendo las siguientes categorías: 3. áreas de aptitud alta, 2. áreas de aptitud media, 1. áreas de aptitud baja y 0. áreas no aptas, sin aptitud o áreas excluidas de la frontera agrícola como los bosques secundarios y áreas de exclusión legal. Las variables se integran a través de un proceso de álgebra de mapas basado en un cálculo aritmético que realiza una sumatoria de la aptitud por variable sobre el número de variables utilizadas (Ecuación 1.). Esta aproximación se basa en la construcción de capas temáticas de las limitantes territoriales, edáficas y principalmente climáticas de más peso para el frijol.

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

La ecuación que calcula la aptitud contempla:  $x_i$ : se refiere a las variables de mayor relevancia. De acuerdo con los resultados del panel de expertos nacionales adelantado por Agrosavia: Elevación [Elev.], Precipitación [PPT], Temperatura Media [TMed], Humedad Relativa [HR], pH [pH] y  $n$  el número de variables utilizadas en la aproximación, para este caso 5 (cinco). La información climática empleada corresponde a series históricas mensuales (Período 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). Estas cuentan con control de calidad y complementación de datos faltantes realizados durante la ejecución del proyecto Corpoica – Modelos de Prevención y Adaptación Agroclimática (MAPA) (CORPOICA, 2016). La información edáfica se deriva del mapa de conflictos de uso del suelo del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC, 2012a), mientras que la elevación se extrae del Modelo Digital de Elevación (DEM, por sus siglas en inglés), con resolución espacial de 30 metros generado por la misión SRTM de la NASA (IGAC, 2012b).

## Condiciones socioeconómicas para producción de frijol. Talleres con productores

Desde la visión areolar, una vez definidas las zonas priorizadas a partir del cruce entre la oferta agroclimática y el histórico de siembras, se ubican los corregimientos de mayor producción de frijol. Entre ellos se seleccionan 20 productores con experiencia superior a 5 años, quienes se convocan a través de la Unidad Municipal de Transferencia Agropecuaria (UMATA). Después de estructurar los costos de producción de frijol a través de la Metodología de Consenso (Fedesarrollo, 2012), se definen las características productivas y de mercado de los productores de la zona. Para ello se aplica una encuesta interactiva y se adelantan talleres grupales mediante el uso de la herramienta *Turning Point*<sup>®</sup> (Páez, 2015). Los datos de la encuesta se tabulan de tal forma que cada productor es un registro y se emplean para realizar análisis de caracterización. Además, se identifican las variedades de frijol disponibles en los mercados de la región, en los campos de producción y los grupos divergentes de productores, mediante visitas de verificación del personal técnico.

## Estructuración de costos de producción vía taller de consenso

La diferenciación entre agricultura empresarial y agricultura familiar identificada en la caracterización previa permite que el ejercicio de estructuración de costos se enfoque, desde la visión areolar, en el análisis particular de las estructuras de cada una de estas tipologías. Para la agricultura empresarial se calculan los rubros planteados por Perfetti *et al.*, (2012), que incluyen costos financieros y de la tierra; para la familiar, se subdividen los rubros de mano de obra, semillas e insumos en costos monetarios y no monetarios o implícitos. En ambos casos se convocan 10 productores con experiencia de más de 10 años en el cultivo. La metodología de mesa redonda permite diligenciar una matriz Excel con las actividades, materiales e insumos vinculados al cultivo, desde la preparación del suelo y la semilla hasta la venta del producto a puerta de finca, además del precio de venta y rendimiento en  $tha^{-1}$ .

## Mapeo de actores clave

La no descripción de la cadena de suministro de frijol para el departamento del Cesar conduce a asumir como base metodológica el estudio realizado en el departamento de Santander por Blundo *et al.* (2016). En este sentido, desde una visión reticular, se adelantan entrevistas semiestructuradas para conocer sus redes, flujos y nexos con otros actores, entidades e individuos, en aquellos lugares en donde se adelantan actividades de innovación, relacionadas con la producción, almacenamiento y comercialización de frijol al igual que la intensidad del relacionamiento. Para el análisis de la información se utiliza el paquete UCINET 6 para Windows programa para mapear, editar y analizar redes.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Zonas aptas para el cultivo de frijol común

De acuerdo con los requerimientos agroclimáticos establecidos para el frijol común (tabla 1), desde la visión areolar de territorio se construye el mapa que define las áreas de aptitud para este cultivo en el Cesar (figura 1). Gran parte de la zona se encuentra en categoría baja, localizada a lo largo de centro y sur del departamento. Las áreas con aptitud media se localizan en el norte en los municipios más productores de frijol durante los últimos 10 años y parcialmente en el centro, en municipios como El Copey, La Paz, Valledupar, Agustín Codazzi, Pueblo Bello y Astrea, entre otros. Son datos tomados de las Evaluaciones Agropecuarias

Municipales (EVA), que coinciden con las áreas de aptitud media del MADR (2016). En el centro-sur y sur del departamento dominan zonas con baja aptitud para el frijol, exceptuando Gamarra, Aguachica y Río de Oro que presentan aptitud media.

Tabla 1. *Phaseolus vulgaris* L

APTITUD	CALIFICACIÓN	ELEVACIÓN [Elev.] msnm	PRECIPITACIÓN [PPT] (mm)	TEMPERATURA MEDIA [Tmed] (°C)	HUMEDAD RELATIVA [HR] (%)	pH
Alta	3	600 - 1300	300 - 500	20 - 23	65 - 80	6,5 - 7,5
Media	2	400 - 600; 1300 - 1500	550 - 650	15 - 20; 23 - 27	60 - 65; 80 - 85	5,5 - 6,5; 7,5 - 8,2
Baja	1	0 - 400	650 - 750	27 - 30	>85	4,5 - 5,5
No Apta	0	> 1500	<300; >750	<15 >30	<60	<4,5;>8,2

Fuente: (AGROSAVIA, 2018a).

En general, tan solo el 0,02% (557,4 ha) del área total del departamento presenta aptitud alta para el frijol, mientras el 31,99% del área total del Cesar, equivalente a 721.857,5 ha, presenta aptitud media. Así mismo, el 34,13%, equivalente a 769.972,6 ha presenta baja aptitud. El área restante, equivalente al 67,98% comprende áreas no aptas que incluyen zonas de exclusión legal o protegidas (figura 1).

### Definición de núcleos productivos de frijol en Cesar

Se consideran como zonas de mayor aptitud para el cultivo, aquellas que presentan un histórico de vocación productiva representado en sus áreas sembradas y áreas cosechadas. En Colombia las áreas sembradas en frijol disminuyen (-17%) de 1990 a 2014 después de la apertura económica, al igual que el sorgo (- 98%), papa (-4%) y café (-0.3%) (MADR, 2016).

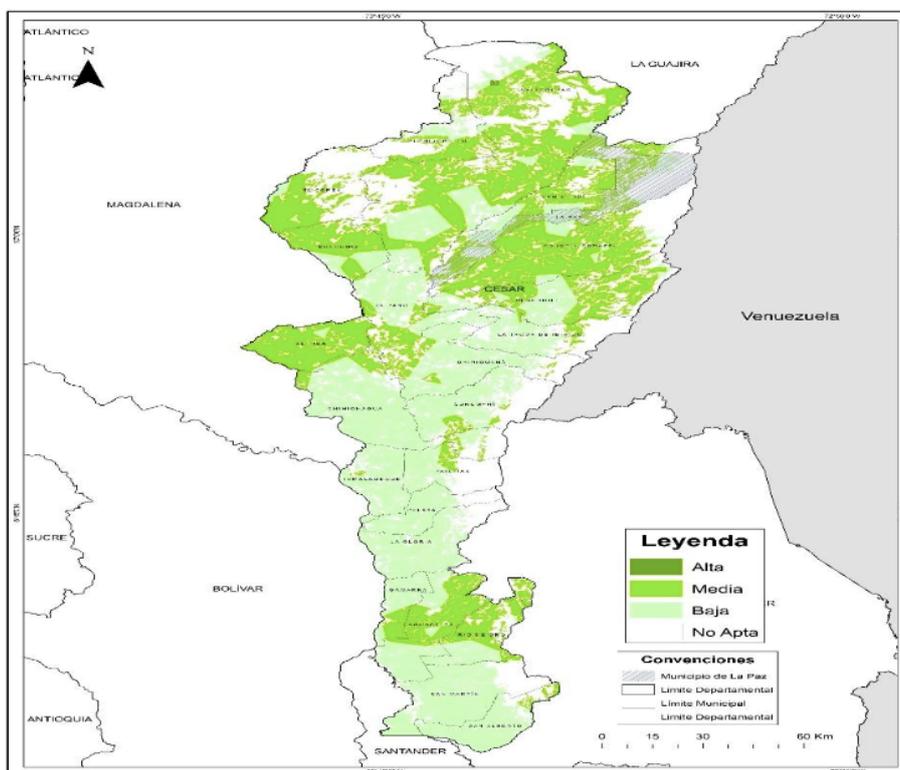


Figura 1. Mapa de áreas aptas para el cultivo de fríjol.  
Fuente: elaboración propia

A pesar de que la región Caribe no ha estado exenta de la inestabilidad de esta agrocadena, el Cesar se ha mantenido con un aporte mayoritario de producción durante los últimos cinco años (20.536,68 t), seguido de Bolívar (10.961,68 t), Magdalena (6.409,14 t), La Guajira (6.025,97 t), Córdoba (4.613,05 t) y Sucre (430,6 t) (AGROSAVIA, 2018b) (figura 2).

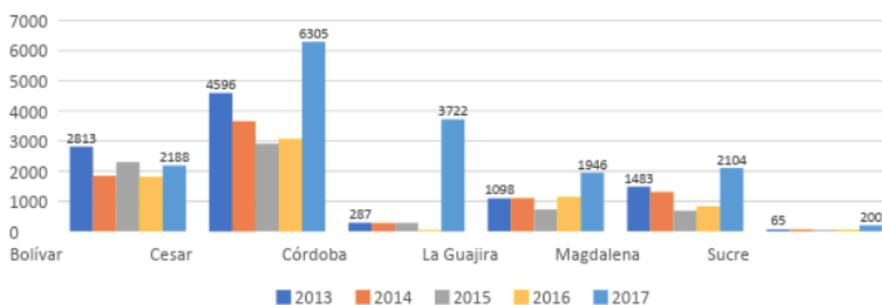


Figura 2. Producción de fríjol (toneladas) en los departamentos priorizados de la región caribe (2013 – 2017)  
Fuente: EVA (Revisado en 2018 en www.agronet.gov.co)

El promedio de área cosechada se analiza para los años en los que se siembran más de 100 ha en cada localidad. Se identifica así la tradición productiva de los municipios de La Paz, La Jagua de Ibirico, Becerril, Codazzi, Pueblo Bello y Valledupar (figura 3). Adicionalmente, los resultados del histórico de áreas de siembra identifican como municipios de mayor vocación productiva de fríjol a Becerril, La Paz, Pueblo Bello y Valledupar (figura 4).

El cruce de las zonas de aptitud agroclimática y el histórico de áreas sembradas y cosechadas y su rendimiento, indica que los núcleos productivos de frijol están ubicados en el norte del Cesar en La Paz y Valledupar.

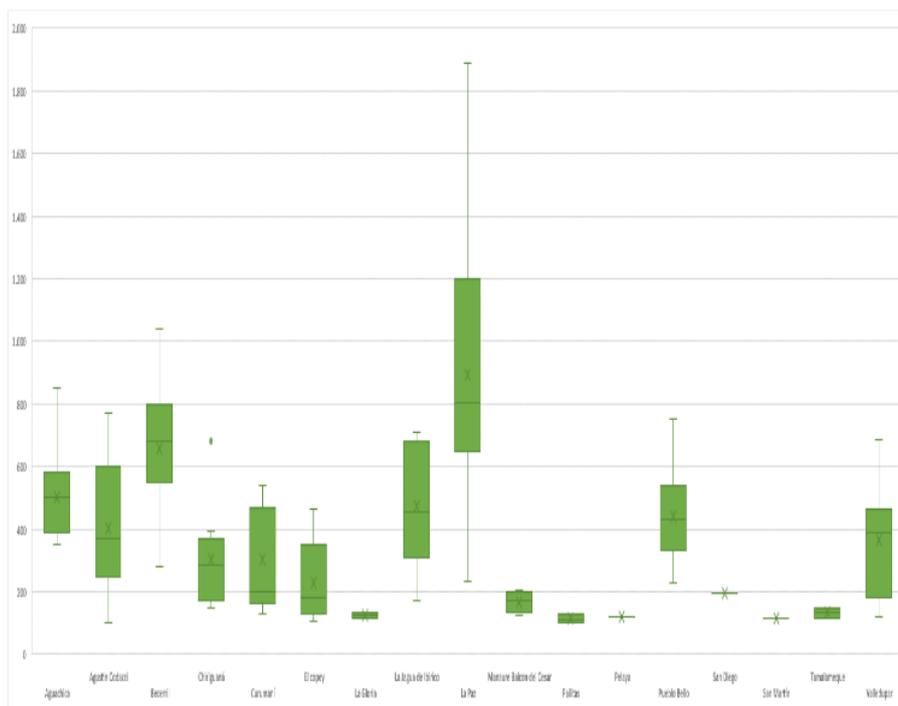


Figura 3. Gráfica de cajas y bigotes del promedio de área cosechada los municipios productores de frijol en el César de los últimos 11 años (2007-2017).

Fuente: elaboración propia a partir de datos de las Evaluaciones Agropecuarias Municipales – EVAS.

Se selecciona el municipio de La Paz para realizar el ejercicio de evaluación de los escenarios de eslabonamiento productivo bajo el accionar MAS del modelo de AGROSAVIA. En este municipio, el corregimiento San José de Oriente presenta mejores condiciones de vías secundarias y terciarias favoreciendo la comercialización (Lozano & Restrepo, 2015). En el Cesar se registran 7000 ha (Barriga, 2018), también se identifica un bajo porcentaje de productores con vocación hortícola en norte del Cesar quienes integran el frijol a un sistema de rotación con ají, cilantro, cebolla y tomate, tendencia que se mantiene respecto al último registro (Páez et al., 2004).

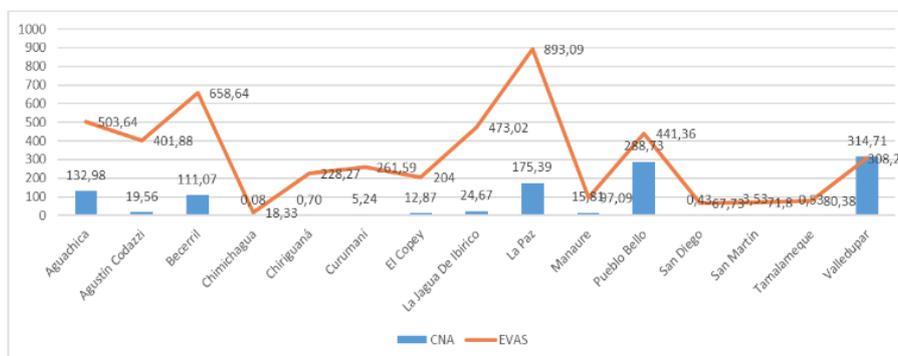


Figura 4. Comparativo de área sembrada en Caribe seco colombiano.

Fuente: elaboración propia según promedio de los últimos 10 años de las EVA frente al último CNA.

*Talleres de evaluación. Condiciones socioeconómicas de la producción de frijol*

Según el 3er CNA, en Colombia la forma de tenencia predominante es la propia, le siguen el arrendamiento y la aparcería. De los productores que tienen UPA de menos de 5 hectáreas, el 73,4% declara tenencia propia, según el CNA (DANE, 2016); no obstante, esta preponderancia, la aparcería continúa siendo una figura frecuente por encima de la producción en predios familiares. La frecuencia de tenencia propia en el escenario de estudio está por debajo del promedio nacional con 43%, 36% arrendatarios, 14% aparceros y 7% en predios familiares (figura 5).

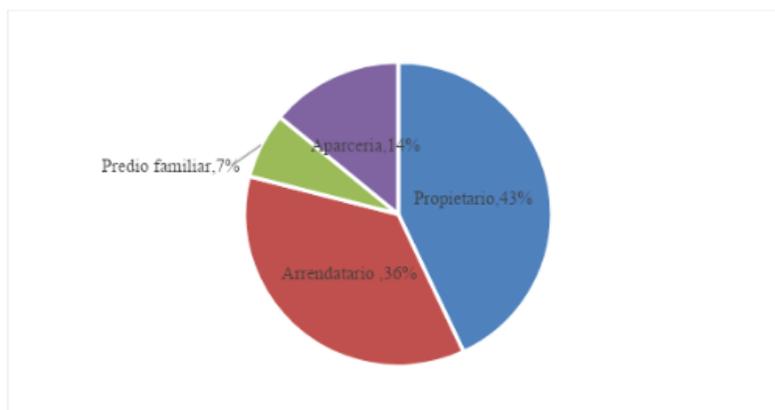


Figura 5. Tenencia de la tierra de los productores de frijol objeto de estudio.

Fuente: elaboración propia

En el nivel nacional existe bajo nivel de capitalización pues solo 16,7% de los productores poseen maquinaria, baja solicitud de crédito agropecuario (11%) y poca asistencia técnica (9,6%) (DANE, 2016). En este contexto divergente los talleres identifican dos grupos de productores, uno de carácter empresarial con acceso a crédito agropecuario, que no utiliza mano de obra familiar y accede a algún tipo de asistencia técnica agropecuaria y otro más tradicional, de agricultura familiar, con mano de obra no remunerada, nulo acceso a crédito agropecuario y a la asistencia técnica.

Se destaca también un gran número de pequeñas UPA que producen de manera importante para el autoconsumo, en el que la mano de obra familiar suple más del 50% de los requerimientos del cultivo (DANE, 2016). El 83% de los productores encuestados se abastece con menos del 25% de la cosecha, 11% entre el 6 y 50% y solo 6% concuerda con la frecuencia nacional al consumir entre el 51 y 75% de la cosecha. De igual forma, el 90% de la mano de obra familiar se remunera y el contrato de obrero ocasional, se circunscribe en labores específicas como deshierba, cosecha o aplicación de insumos.

También se encuentran divergencias en acceso a crédito y asistencia técnica frente al promedio nacional. Se identifica que 53% de los productores accede a crédito agropecuario. De estos, 64% lo obtiene del Banco Agrario, el 18% de la banca privada, 9% de cooperativas de crédito y 9% de asociaciones de productores. El 78% del grupo no tiene acceso a asistencia técnica agropecuaria, el restante 22% la recibe de casas comerciales y agrónomos particulares. En cuanto a la comercialización el 100% refiere venta al intermediario, asociado posiblemente a que 79% de las vías de acceso a los predios se encuentran sin pavimentar y 21% son caminos de herradura; las vías se encuentran en mal estado (64%) y regular estado (36%), incrementando los costos de transporte.

*Estructuración de costos de producción vía taller de consenso*

La evaluación de las estructuras de costos de frijol zaragoza y frijol biofortificado permite identificar el primero como el sistema modal de la zona y el segundo como el alternativo. Se aplica un análisis de costeo total y parcial con determinación de costos no monetarios (implícitos) (tabla 2).

Tabla 2. Resumen de las estructuras de costos empresarial y familiar para el Cesar

Concepto	Resumen de Costos/ha de frijol Zaragoza				Resumen de Costos/ha de frijol biofortificado			
	Empresarial	Familiar	Cm	Cnm	Empresarial	Familiar	Cm	Cnm
		Valor total				Valor total		
Labores	1.874.500	1.874.500	821.000,00	1.079.750	1.831.000	1.831.000	21.000,00	1.010.000
Insumos	499.000	539.000	539.000,00	0	481.501	464.000	464.000,00	0
Herramientas	27.083	54.472	54.472,22	0	4.514	60.250	60.250,00	0
Transporte	65.000	65.000	65.000	0	78.000	78.000	78.000,00	0
Costo Financiero	166.763	NA			124.751	NA		
Costo tierra	100.000	NA			100.000	NA		
Total	2.732.346	2.532.972	1.479.472	1.079.750	2.619.766	2.433.250	1.423.250	1.010.000
Rendimiento (toneladas)	0,80	0,80			1,20	1,20		

Fuente: elaboración propia

En la producción de frijol en el Cesar se presentan dos escenarios: de una parte, una producción de la variedad zaragoza con enfoque de agricultura empresarial que incluye el acceso a crédito agropecuario que posibilita el pago de arriendo de la tierra y del transporte de la producción hacia un punto de venta de intermediación. En la zona prima la intermediación para la venta en la que participan hasta 3 intermediarios antes de llegar a la plaza mayorista. La intermediación y los costos de producción a todo costo generan pérdidas por su baja productividad por área (800 kg/ha).

Estas variaciones también se presentan en el frijol biofortificado en razón al costo de la semilla. Ya que el grano del biofortificado es mediano (<30 g/100 semillas), disminuye la cantidad requerida para la siembra a 35 kg, respecto a los 50 kg requeridos en zaragoza. La mano de obra capta 75,2% en zaragoza y 73,8% en biofortificado, de los costos de producción, de los que el 40% es por mano de obra familiar incluyendo el riego (tabla 2). Estos costos de producción varían dependiendo de las condiciones climáticas demandantes de más mano de obra durante épocas de mayor precipitación (Tofiño et al., 2011). Se evidencia, además, una variación en la utilidad ya que el zaragoza en promedio tiene producción de 800 kg ha<sup>-1</sup> mientras que el biofortificado rinde 1200 kg ha<sup>-1</sup>. Sin embargo, estos rendimientos, que se presentan bajo la tecnología local de producción, pueden incrementarse bajo altos niveles de tecnificación del cultivo.

En esta zona el frijol zaragoza se vende a puerta de finca al intermediario, que en promedio lo paga a \$3400/kg sin tener en cuenta el precio de venta en la plaza mayorista, mientras que el biofortificado se paga a \$3100/kg, según sondeo realizado en la zona con intermediarios y acaparadores quienes justifican un menor precio por ser nuevo en el mercado.

### Propuesta de cadena de suministro de frijol a partir de talleres de consenso

La cadena de suministro del frijol zaragoza se caracteriza por su alta intermediación. Una primera opción es la compra a puerta de finca en la que el intermediario compra el grano sin seleccionar en el lote empacado en sacos. La segunda opción es cuando el productor transporta el frijol hasta el centro poblado del corregimiento donde intermediarios lo adquieren y transportan hasta el intermediario del municipio de La Paz y este, de acuerdo con la fluctuación del precio del mercado, vende al mayorista en la plaza o en “mercabastos” de Valledupar. La tercera opción, menos frecuente, es el precio a granel que se mantiene a nivel de los tres intermediarios, mientras que el transporte se incrementa de acuerdo con la distancia al sitio de venta, y se da cuando el productor transporta su cosecha hasta el intermediario en La Paz y, en menor medida, cuando vende directamente en la plaza de Valledupar.

De acuerdo con lo anterior, son los mayoristas en plazas o en “mercabastos” los que alcanzan el precio oficial del frijol indicado en el Sistema de Información de Precios y Abastecimiento del Sector Agropecuario (SIPSA) (DANE, 2018) (figura 6). Es de resaltar que el mayor porcentaje de productores siembran una hectárea de frijol con producción promedio de 800 kg, lo cual no califica como venta al por mayor, siendo el intermediario quien, según la oferta y la demanda, establece el precio de compra, restándole poder de negociación al pequeño productor (Torres, 2018).

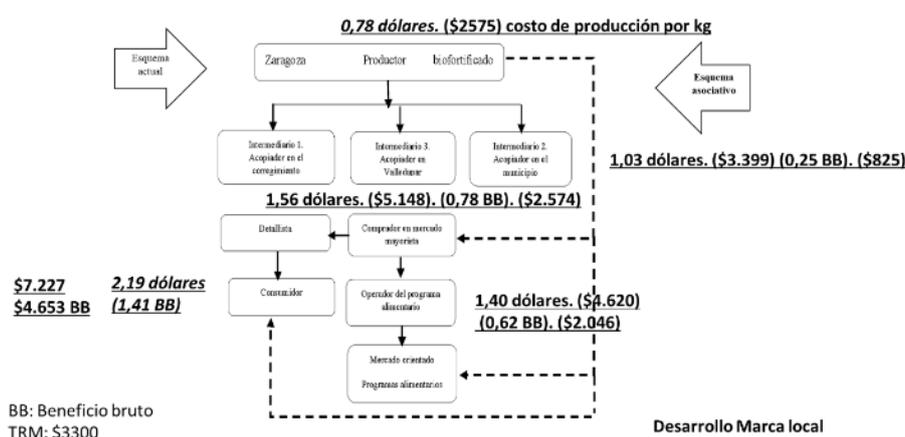


Figura 6. Cadena de suministro de frijol Zaragoza para el corregimiento San José de Oriente y propuesta de encadenamiento para el frijol biofortificado en ciclos cortos agroalimentarios.

Fuente: elaboración propia.

Dado que las actividades planificadas y desarrolladas para la vinculación científico-tecnológica del frijol biofortificado deben promover esquemas comerciales alternativos a los registrados en el territorio en frijol zaragoza, las entregas de semilla certificada realizadas por AGROSAVIA, se enfocan en asociaciones de productores bajo la promoción de esquemas asociativos de producción. La producción asociativa posibilita la articulación formal de los productores al comercio de frijol a través de los mayoristas o los ciclos cortos de comercialización mediante la venta directa al consumidor por ventas desde internet del grano con marca local (Torres, 2018). De este modo, los costos de transporte y empaque pueden ser menores para el productor y el rango de ganancia, que antes mantiene la intermediación, llega directamente a la asociación, con beneficio al pequeño productor (figura 6).

### Mapeo de actores

El uso del software UCINET permite visualizar la efectividad de los procesos de innovación tecnológica ya que esta depende de la masificación del uso del nuevo conocimiento al identificar con quién y cómo trabajar y

realizar una planificación de las acciones en el territorio (Clark, 2006; Aguilar et al., 2011). En este estudio se identifican actores participantes en la cadena de suministro de frijol y otras entidades del orden regulatorio, financiamiento, generación y divulgación del conocimiento, quienes presentan interés primario, secundario o potencial en el frijol (tabla 3). Estos actores, en mayor o menor medida, deben considerarse en la promoción de las dos variedades de frijol biofortificado de Agrosavia, Corpoica rojo 39 y Corpoica rojo 43 (figura 7).

El análisis de redes sugiere las alternativas de vinculación en el territorio al involucrar criterios de densidad, cohesión, centralización, intermediación y proximidad en el relacionamiento de los actores, lo cual permite identificar actores clave para la dinamización del uso y conocimiento relacionado con las variedades de frijol biofortificado. Además, se determina el nivel de confianza que presentan los actores de la red, como el valor que promueve su consolidación a través del desarrollo de acciones colaborativas (Velásquez y Aguilar, 2005) (figura 8).

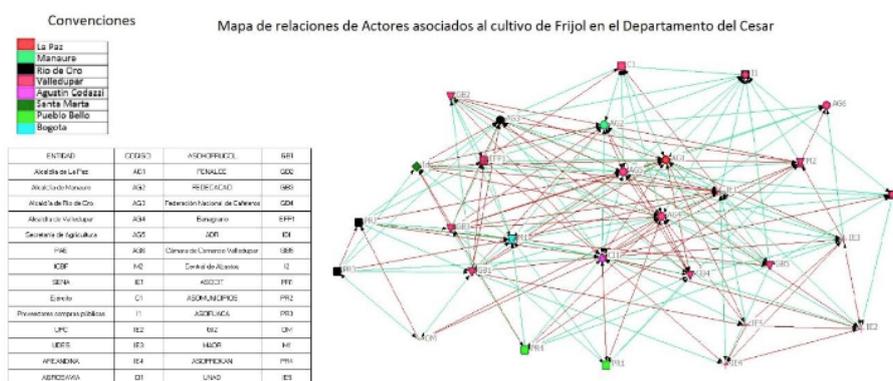


Figura 7. Red de relaciones interinstitucional para el fortalecimiento del frijol biofortificado en el departamento del Cesar

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Actores asociados con el cultivo de frijol común en el departamento del Cesar

Código	Actor	Código	Actor
AG1	Alcaldía de La Paz	Idi	ADR
AG2	Alcaldía de Manaure	I1	Proveedores compras públicas
AG3	Alcaldía de Río de Oro	IE2	UPC
AG4	Alcaldía de Valledupar	IE3	UDES
AG5	Secretaría de Agricultura	IE4	Área andina
AG6	PAE	IE5	UNAD
C1	Ejército	I2	Central de Abastos
CI1	AGROSAVIA	M1	MADR
EFP1	Banco Agrario	M2	ICBF
GB1	ASOHOFRUCOL	OM	GIZ
GB2	FENALCE	PR1	ASOCIT
GB3	FEDECACAO	PR2	ASOMUNICIPIOS
GB4	Federación Nal. de Cafeteros	PR3	ASOFUACA
GB5	Cámara de Comercio	PR4	ASOPROKAN
IE1	SENA		

Fuente: Elaboración propia

La densidad indica la conectividad de la red pues permite estimar la conexión entre actores internos y valorar los efectos derivados de una intervención (Borgatti et al., 2017; Velásquez y Aguilar, 2005). En este estudio la red alcanza una densidad del 50%, lo que indica que los actores presentan buen nivel de relacionamiento. Sin embargo, estas relaciones son débiles, lo cual sugiere que deben fortalecerse las relaciones de confianza y cooperación interinstitucional (figura 8).

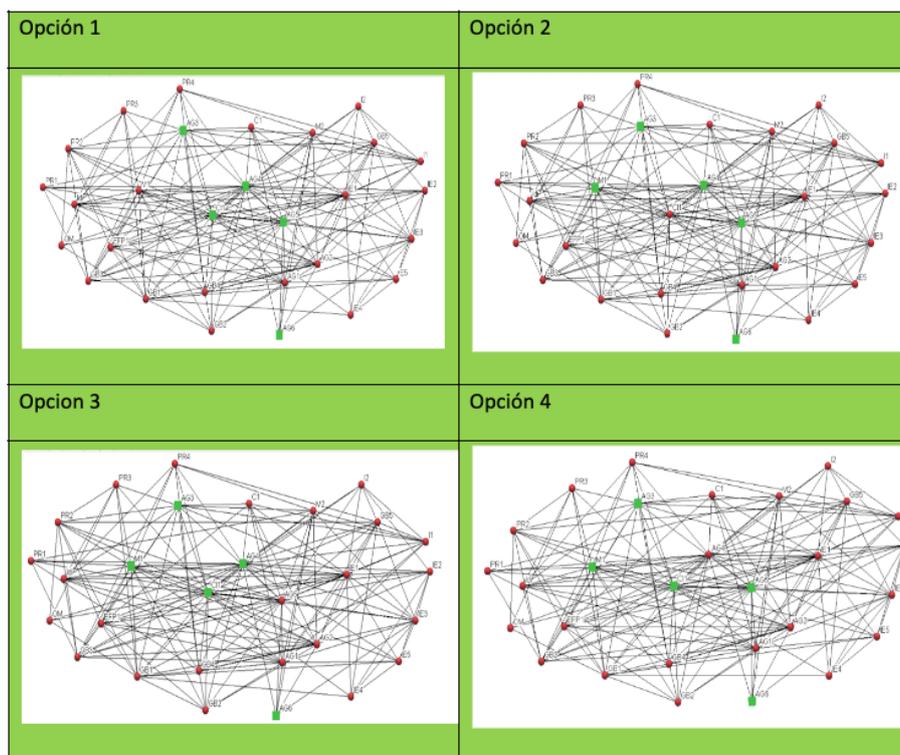


Figura 8. Red de relaciones interinstitucional para el fortalecimiento del frijól biofortificado, identificación de actores claves.

La centralización también permite analizar la red completa al indicar el papel que ejerce un actor por su alta conectividad interna. Aunque pueden obtenerse diferentes medidas de centralización, esta investigación se enfoca en la centralidad del grado que define el dominio de la red por un solo nodo (Borgatti et al., 2017). Los grados de centralización de entrada corresponden a 34.94% indicando que hay varios nodos importantes como fuente de información o de recursos dentro de la cadena de suministro del frijól y 36.79% de grados de salida que refleja una o varias entidades que buscan y consiguen información o recursos desde varias fuentes.

En el Análisis de Redes los actores clave pueden dinamizar, acelerar y difundir más rápidamente buenas prácticas, tecnologías e innovaciones, son estratégicos pues sin ellos esta se fragmentaría y, por tanto, algunos actores no podrían “alcanzarse” unos con otros (Aguilar-Gallegos et al., 2017). De acuerdo con lo anterior, la identificación de actores clave se realiza mediante el índice de cobertura que indica la proporción de actores alcanzados por un actor, respecto a la red total. En este caso, se encuentra que los más relacionados del sistema de suministro de frijól en el Cesar son AG5 (Secretaría de Agricultura) y CI1 (Agrosavia) con 33 grados de entrada, y que los actores AG4 (Alcaldía de Valledupar) y AG5 (Secretaría de Agricultura) son los de mayor grado de salida, 34 y 30 respectivamente, convirtiéndolos en actores difusores (tabla 4).

Los actores AG3 (Alcaldía de Río de Oro), AG4 (Alcaldía de Valledupar), AG5 (Secretaria de Agricultura), AG6 (Programa de Alimentación Escolar-PAE), M1 (Ministerio de Agricultura) y CI1 (Agrosavia) se consideran de tipo “fuente”, pues son proveedores de información o recursos y, al utilizar cualquiera de sus interacciones, se puede alcanzar un 100% de cobertura de la red para vincular las nuevas variedades.

Tabla 4. Tipos de actores y porcentajes de cobertura de la red interinstitucional asociados con el cultivo, consumo e información en frijol común en el departamento del Cesar.

Tipo de actor	% de cobertura	Interacciones de Actores
	100	AG3, AG4, AG5, AG6, C11
Harvest	100	AG3, AG4, AG5, AG6, M1
	100	AG3, AG4, AG6, C11, M2
	100	AG3, AG5, AG6, C11, M3
Diffuse	100	AG1 AG2 AG4 AG5 C11

Fuente: Elaboración propia

Se identifican, el Ministerio de Agricultura, dos secretarías de la Gobernación del Cesar, dos municipios y Agrosavia como actores centrales y relevantes en la red de innovación del sector hortícola del Cesar, lo que concuerda con estudios realizados en Suramérica en los que se destaca el papel del sector gubernamental en la vinculación de la innovación. En términos generales los cultivadores de frijol no acceden a los determinantes de la apropiación de valor a través de la innovación. Sin embargo, el acceso a programas gubernamentales que integren la comercialización y el cooperativismo, mejoran la relación con los determinantes de la apropiación del valor creado por la innovación al mejorar la capacidad de negociación de precios por el productor y escapar a la interacción biunívoca de la oferta y la demanda en productos genéricos (Baggio & Kuhl, 2018). Adicionalmente, la identificación de Asohofrucol como actor clave indica la relevancia de priorizar una canasta de productos sustentables y compatibles con las zonas de aptitud identificadas para el frijol, que incluyan especies permanentes y semi anuales. En este sentido, Asohofrucol podría constituirse en el ente articulador con otros gremios como Fenalce, Federación Nacional de Cacaoteros y Federación Nacional de Cafeteros.

### *Estrategias para la promoción de frijol biofortificado en el departamento del Cesar*

- De acuerdo con el análisis de la cadena de suministro y el mapeo de actores, se hace necesario diseñar una estrategia de articulación de las variedades de frijol biofortificado acorde con las características del territorio en el norte del Cesar, en la que se vinculen zonas de alta aptitud para el cultivo de frijol como Valledupar y La Paz. Esto, en consistencia con las estrategias de competitividad del área metropolitana y el plan de desarrollo departamental, que priorizan zonas con vías de acceso en buenas condiciones y suministro eléctrico para avanzar con el fortalecimiento de la agro industrialización en cercanías a las zonas de producción (Área metropolitana Valledupar, 2018; Gobernación del Cesar, 2016).

- Dado que en el Caribe seco los meses de mayor oferta frijolera son enero, febrero, junio, julio y diciembre, y en los meses restantes la oferta es baja (Mercabastos de Valledupar, 2018), la siembra escalonada de frijol puede suplir las épocas de baja oferta, posibilidad que se fortalece al considerar las ventajas comparativas del frijol biofortificado por su tolerancia al estrés hídrico que permite su producción por fuera de los picos productivos. Se deben aprovechar los sistemas montañosos predominantes, Serranía del Perijá y Sierra Nevada, que tienen ciclos de precipitación contrastantes e integrar a asociaciones de productores con disponibilidad de riego ubicados en ambas zonas, con sincronización de sus épocas de siembra (Tofiño et al., 2016a).

- En vista de que en La Paz se cuenta con vías de acceso carretables que facilitan desde una visión areolar-reticular su articulación a circuitos cortos de comercialización agroalimentaria, se puede limitar la figura de

la intermediación entre productores y consumidores, y ajustar la redistribución de beneficios en la cadena y oferta de productos diferenciados, favoreciendo la inocuidad de los productos locales.

- Para el cambio en la percepción del consumidor se debe impulsar el concurso de los medios de comunicación a través de una mayor cobertura como la radio y las redes sociales (CEPAL, 2016). Esta se constituye en una estrategia en la que los actores articuladores –secretarías de agricultura, Ministerio de Agricultura, Agrosavia y la Gobernación del Cesar–, y los actores difusores –Fenalce, Asohofrucol y asociaciones de productores–, aprovechando sus nexos, promuevan campañas sobre la importancia y los beneficios del consumo de estos materiales, así como medio para la gestión del conocimiento y la agro industrialización.

- En vista de que las nuevas variedades de biofortificados pueden suplir las demandas tanto de los mercados nutracéuticos como las de los programas de seguridad alimentaria para población vulnerable, se deben vincular a la Secretaría de Agricultura y el PAE del Cesar. Ellos dinamizan la cadena regional de frijol dado que cubren 56% del plan de alimentación escolar departamental, con inclusión de tres raciones mensuales de frijol para los estudiantes del programa, solamente en Valledupar se benefician 71.450 estudiantes según datos de la Contraloría General de la República (2016).

- La aproximación metodológica propuesta para la vinculación tecnológica del frijol biofortificado debe implementarse y evaluarse en el corto, mediano plazo antes de implementarse en otros SRIA que involucren otras variedades mejoradas.

## *Conclusiones*

La discusión planteada en el capítulo anterior mitiga la descripción de un largo listado de conclusiones dado que abarcan buena parte de estas. Por esta razón se presenta a continuación, una breve descripción de las conclusiones más sobresalientes no contenidas en ese apartado:

- Asumir una adecuada vinculación científico-tecnológica del frijol biofortificado en el Caribe seco colombiano, desde las visiones areolar y reticular de territorialización, permite que los diferentes actores identifiquen, definan y concreten el territorio como zona o extensión apta para el desarrollo de actividades productivas de su interés, relacionadas con la producción de frijol (visión areolar). Igualmente les permite identificar un tejido flexible de mallas, unidas a través de redes de alianzas y relacionamientos (visión reticular) de lugares, estructurado desde el horizonte de la intimidad y familiaridad. Estas dos visiones de territorialización logran generar una estrategia de vinculación científico-tecnológica que involucra actores clave del territorio y actividades de innovación que faciliten la adopción de la oferta tecnológica de Agrosavia.

- La asociación de mapas de aptitud biofísica e históricos de áreas de siembra permite identificar núcleos productivos de frijol en el Cesar, territorio objetivo para un SRIA basado en la articulación productiva de las nuevas variedades de frijol biofortificado. La aproximación metodológica multidisciplinaria aplicada en los núcleos productivos genera una estrategia de vinculación tecnológica que involucra actores clave del territorio, actores institucionales y acciones acordes con el análisis biosocial realizado para facilitar la adopción de su oferta tecnológica de Agrosavia.

- Los resultados y su discusión sugieren que el fortalecimiento de la cadena de suministro de frijol requiere la aplicación de directrices de planificación en el uso eficiente del suelo a través de la secretaria de agricultura departamental, propiciando emprendimientos comerciales en Valledupar y La Paz, zonas óptimas para su producción, a la vez que la promoción de mercados campesinos y autoconsumo en zonas con menor aptitud bioclimática.

- La estrategia de vinculación científico-tecnológica propuesta incluye la identificación y promoción de una canasta productiva con ventajas comparativas en el territorio. Esta debe incluir especies compatibles con ese cultivo y el fomento de procesos de agregación de valor y asociatividad, que garanticen volumen y ruptura de los picos productivos registrados en la zona. Los biofortificados se constituyen así, en un rubro productivo que

puede contribuir a la consolidación de los Sistemas Regionales de Innovación Agrícola (SRIA) en sincronía con la promoción de la agroindustria como empresas empacadoras de grano, producción con sello verde y obtención de derivados para alimentación humana y animal, donde se privilegien los ciclos cortos de comercialización.

- El mapeo de actores aplicado permite identificar las instituciones que mayor relevancia pueden alcanzar en la adopción efectiva de los biofortificados en alianza con Agrosavia, tanto en acciones de articulación productiva, como en la difusión de la información respecto a sus ventajas frente a los frijoles tradicionales. En todo este esquema es fundamental el fortalecimiento de la agricultura familiar, dado que dicha tipología alcanza la mayor resiliencia en todos los escenarios de comercialización identificados.

- Finalmente, la estrategia planteada debe evaluarse en el tiempo para validar su coherencia con las dinámicas territoriales antes de su promoción en otros esquemas de vinculación de variedades mejoradas.

### *Agradecimientos*

Los autores expresan su agradecimiento a La Iniciativa de Cooperación para la Alimentación y la Agricultura entre Corea y Latinoamérica (KolFACI) proyecto Obtaining tolerant bean varieties KOLFACI ID 1001513, al Centro Internacional de Agricultura Tropical-CIAT y Al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia-MADR.

### REFERENCIAS

- Aguilar, N., Olvera J.A. & Martínez E. (2011). *Uso básico del software UCINET para el análisis de redes sociales y cálculo de indicadores*. México, DF: Universidad Autónoma Chapingo. Proyecto transversal trópico húmedo.
- Aguilar, N., Olvera, J.A., González, E. G., Aguilar A.J., Muñoz, R.M. & Santoyo, C. H. (2017). La intervención en red para catalizar la innovación agrícola. *Redes. Revista Hispana para el Análisis de Redes Sociales*, 28(1), 9-31. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/316933132La\\_intervencion\\_en\\_red\\_para\\_catalizar\\_la\\_innovacion\\_agricola](https://www.researchgate.net/publication/316933132La_intervencion_en_red_para_catalizar_la_innovacion_agricola)
- Alarcón, J. & Pabón, J. (2013). “El cambio climático y la distribución espacial de las formaciones vegetales en Colombia”. *Colombia Forestal*, 16(2), 171-185.
- Área metropolitana de Valledupar (2018). *El primer paso para el desarrollo de los municipios metropolitanos*. (Consulta: 27 de noviembre de 2018). Disponible en:
- Arias, J., Jaramillo, M. y Rengifo, T. (2007). *Manual Técnico: Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en la Producción de Frijol Voluble*. CORPOICA – MANA - FAO. C.I. La Selva, Medellín - Colombia. 168p. Disponible en: <http://www.fao.org/co/manualfrijol.pdf>
- AGROSAVIA (2018a). *Informe final meta: “Sistemas de producción de hortalizas identificados para la Región Caribe con la tecnología local de producción”, adscrita al proyecto de agenda interna: “Análisis Socioeconómico, tecnológico y de mercado de las principales hortalizas cultivadas en la Región Caribe de Colombia”*.
- AGROSAVIA (2018b). *Informe final de la meta: “Determinación de la oferta del mercado de hortalizas en el Caribe”. Análisis Socioeconómico, tecnológico y de mercado de las principales hortalizas cultivadas en la Región Caribe de Colombia*.
- AGROSAVIA (2019). *Informe técnico del plan de vinculación de la OT frijoles biofortificados*. Taller ASOFUACA, Rio de Oro Cesar.
- Aguirre, F. (2012). *El nuevo impulso de la extensión rural en América Latina. Situación actual y perspectivas*. Santiago de Chile: Red Latinoamericana para los Servicios de Extensión Rural.
- Alarcón, J. & Pabón, J. (2013). “El cambio climático y la distribución espacial de las formaciones vegetales en Colombia”. *Colombia Forestal*, 16(2), 171-185.

- Área metropolitana de Valledupar (2018). *El primer paso para el desarrollo de los municipios metropolitanos*. (Consulta: 27 de noviembre de 2018). Disponible en:
- Barriga, A. (2018). Panorama de la agricultura en el Cesar. *Boletín El Palmicultor*, (552 febrero), 21-23. (Consulta: 27 de febrero de 2017). Disponible en: <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmicultor/article/view/12339>
- Blundo, G., Giraldo, D., Gartner, C., Álvarez P. & Pérez, L. (2016). *Mapeo de Actores y Necesidades de Información Agroclimática en los Cultivos de Maíz y Fríjol en sitios piloto -Colombia*. Documento de Trabajo CCAFS No. 88 Cali, Colombia: Programa de Investigación de CGIAR en Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria (CCAFS). (Consulta: 8 de octubre de 2018). Disponible en: [www.ccafs.cgiar.org](http://www.ccafs.cgiar.org)
- Bonnemaison, J. (1986). La dernière île. Paris: Arléa / Orstom, 407 p. - 1989, "L'espace réticulé. Commentaires sur l'idéologie géographique", in: Tropiques, lieux et liens, p.500-510, Paris: ORSTOM (Didactiques).
- Borgatti, S., Everett, M., Johnson, J. (2017). *Analyzing Social Networks*. First edition published april 2013, reprinted 2013, 2015, 2016 (twice), and 2017. This second edition first published 2018. London - California - New Delhi - Singapore - Washington DC. and Melbourne: SAGE Publications.
- Cabal, D., Melo, A., Lissbrant, S., Gallego, S., La O. M. Tofiño, A. (2014). Galletas con alto valor nutricional basadas en una nueva formulación de mezclas de harinas de fríjol, yuca y trigo. *Agronomía Colombiana* 32(3), 407-416. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-99652014000300013](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652014000300013)
- Calderón, V. (2012). Evaluación de la calidad nutricional de alimentos elaborados con cultivos biofortificados. Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología – CONACYT. volumen 17 No. 23 (CONACYT). <http://www.redicces.org/sv/jspui/handle/10972/2408>
- Central mayorista de abastos. Mercabastos, Valledupar (2018). Portal empresarial. (Consulta: 2 de noviembre de 2018). Disponible en: <https://www.corabastos.com.co/redcentrales/index.php?option=comcontent&view=article&id=662:central-mayorista-de-abastos-mercabastos&catid=91:red-de-centrales&Itemid=429>.
- Clark, L. (2006). Manual para el mapeo de redes como una estrategia de diagnóstico. CIAT. (Consulta: 4 de noviembre de 2018). Disponible en: [http://revista-redes.rediris.es/webredes/textos/Mapeo\\_redes\\_LC06.pdf](http://revista-redes.rediris.es/webredes/textos/Mapeo_redes_LC06.pdf).
- CEPAL. (2016). Ciencia, tecnología e innovación en la economía digital: La situación de América Latina y el Caribe. Segunda reunión de la conferencia de Ciencia, innovación y TIC. San José de Costa Rica, 12 al 13 de septiembre de 2016. (Consulta: 13 de octubre de 2018). Disponible en:
- Contraloría General de la República. (2016). Informe de actuación especial programa de alimentación escolar – PAE. Ministerio de Educación Nacional (MEN) – Entidades Territoriales Certificadas (Atlántico, Bolívar, Cesar, Córdoba, La Guajira, Magdalena y Sucre.(Consulta: 14 de octubre de 2018). Disponible: <https://www.contraloria.gov.co/documents/20181/782053/2016002+Informe+Final+AE+PAE+vigencias+2014-2015.pdf/bafad69a-835a-4c10aaaa1102991cc074?version=1.0>
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). (2016). Informe interno, producto 1: Caracterización de la variabilidad climática y zonificación de la susceptibilidad territorial a los eventos climáticos extremos de los departamentos de Atlántico, Bolívar, Córdoba, Magdalena, La Guajira y Sucre. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA – Fondo Adaptación. Centro de Investigación Tibaitatá. Mosquera (Colombia)
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). (2017). Marco estratégico corporativo. Bogotá D. C., Colombia: CORPOICA.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (dane). (2016). 3er censo nacional agropecuario. Hay campo para todos. Recuperado de <http://www.dane.gov.co/files/images/foros/foro-de-entrega-de-resultados-y-cierre3-censo-nacional-agropecuario/CNATomo2-Resultados.pdf>
- DANE. (15, 11, 2018). Boletín semanal SIPSA - 3 de noviembre 9 de noviembre de 2018. Bogotá, Cundinamarca, Colombia.
- Del Castillo, M., Fonseca, Z., Mantilla, M. & Mendieta, N. (2012). Estudio para la medición de seguridad alimentaria y nutricional en el Magdalena medio colombiano. Caso Cesar. *Revista de la Facultad de Medicina*, [S.l.], v. 60,

- n. 1, p. S13-27, mar. (Consulta: 1 de enero de 2019). Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/vfacmed/article/view/35473/35859>
- FAO. (2014). Trabajo estratégico de la FAO para reducir la pobreza rural. (Consulta: 3 de enero de 2019). Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i6835s.pdf>
- Fedesarrollo. (2012). Costos de producción de doce productos agropecuarios. Bogotá, D. C.: Fedesarrollo.
- Flórez, D., Moreno, M. & Uribe, C. (2017). Diseño metodológico para la construcción de política pública en I+D+I, caso de estudio: sector agropecuario colombiano. VII Congreso Internacional de Conhecimento e Inovação 11 e 12 de setembro. Foz do Iguaçu/PR.
- Gallego, G. 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.). Medellín, Colombia: Facultad de Agronomía, Universidad Nacional 63(2): 5477-5488. 2010
- Granados, D., Hernández, M., Vázquez, A. & Ruíz, P. (2013). Los procesos de desertificación y las regiones áridas. Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente, 19(1), 45-66. <http://dx.doi.org/10.5154/r.rchscfa.2011.10.077>
- Gobernación del Cesar (2016). Plan de desarrollo departamental 2016-2019 El camino del desarrollo y la Paz. (Consulta: 27 de noviembre de 2018). Disponible en: [http://cesar.gov.co/d/filesmain/plan\\_desarrollo/plan\\_de\\_desarrollo\\_departamental\\_2016-2019\\_el\\_camino\\_del\\_desarrollo\\_y\\_la\\_paz.pdf](http://cesar.gov.co/d/filesmain/plan_desarrollo/plan_de_desarrollo_departamental_2016-2019_el_camino_del_desarrollo_y_la_paz.pdf)
- IGAC. (2012a). Conflictos de uso del territorio colombiano. Bogotá, Colombia: IGAC.
- IGAC. (2012b). Modelo digital de elevación del arco segundo ajustado por el IGAC año 2012. Bogotá, Colombia: IGAC.
- La Frano MR, de Moura FF, Boy E, Lonnerdal B, Burri BJ. (2014). Bioavailability of iron, zinc, and provitamin A carotenoids in biofortified staple crops. Nutrition Reviews. May 1;72(5):289-307
- Landini, F. (2016). Concepción de extensión rural en 10 países latinoamericanos. Andamios. Volumen 13, número 30, enero-abril, 211-236.
- Lau, C., Jarvis, A. & Ramírez, J., (2011). Agricultura colombiana: Adaptación al cambio climático. CIAT Políticas en Síntesis no. 1. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. (Consulta: 1 de enero de 2019). Disponible en: <http://hdl.handle.net/10568/57475>
- Lozano, I., & Restrepo, C. (2015). El papel de la infraestructura rural en el desarrollo agrícola en Colombia. Borradores de economía, 38.
- MADR (2016). Plan Colombia siembra. (Consulta: 12 de noviembre de 2018). Disponible en: [https://www.minagricultura.gov.co/Documents/EstrategiaColombia\\_Siembra.pdf](https://www.minagricultura.gov.co/Documents/EstrategiaColombia_Siembra.pdf)
- 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, v. 33, n. 2, p. 203-211.
- Central mayorista de abastos. Mercabastos, Valledupar (2018). Portal empresarial. (Consulta: 2 de noviembre de 2018). Disponible en: [https://www.corabastos.com.co/redcentrales/index.php?option=com\\_content&view=article&id=662:central-mayorista-de-abastos-mercabastos&catid=91:red-de-centrales&Itemid=429](https://www.corabastos.com.co/redcentrales/index.php?option=com_content&view=article&id=662:central-mayorista-de-abastos-mercabastos&catid=91:red-de-centrales&Itemid=429).
- Ministerio de Educación Nacional. (2014). Lineamientos técnico administrativos del Programa de Alimentación Escolar (PAE). [https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-348412\\_Lineamientos\\_Tecnico\\_Administrativos.pdf](https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-348412_Lineamientos_Tecnico_Administrativos.pdf)
- Monnet, J. Globalización y territorializaciones areolar y reticular: Los Ángeles y la Ciudad de México. Memorias del V Seminario Internacional de la Red Iberoamericana de Investigadores sobre Globalización y Territorio, Sep. 1999, Toluca, México. Universidad Autónoma del Estado de México, 21 p., 1999. <halshs-00007796>
- OCDE (2005). "Oslo Manual: Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation, 3rd Edition". Paris: OECD Publications.
- Páez, A., Robledo, L., Díaz, O., Cuello, J., Ávila, R. & Venegas, N. (2004). Caracterización del sistema de Producción hortalizas en los departamentos del Cesar, La Guajira y Magdalena. Editorial produmedios.

- Bogotá. 56 p. (Consulta: 13 de octubre de 2018). Disponible en: [https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/1251/44601\\_58988.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/1251/44601_58988.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- 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>
- Perfetti, J., Escobar, D., Castro, F., Cuervo, B., Rodríguez, M. & Vargas, J. (2012). Costos de Producción de Doce Productos Agropecuarios. Bogotá: FEDESARROLLO. (Consulta: 14 de octubre de 2018). Disponible en: [ftp://ftp.ciat.cgiar.org/DAPA/projects/PAAP/Informaci%C3%B3n%20todos%20casos/Leche\\_Palear%C3%A1\\_%20RIP%20\(100208\)/Info%20producto/IF-Costos-agropecuarios\\_FINAL.pdf](ftp://ftp.ciat.cgiar.org/DAPA/projects/PAAP/Informaci%C3%B3n%20todos%20casos/Leche_Palear%C3%A1_%20RIP%20(100208)/Info%20producto/IF-Costos-agropecuarios_FINAL.pdf)
- Talsma, E. F., Melse-Boonstra, A., & Brouwer, I. D. 2017. Acceptance and adoption of biofortified crops in low- and middle-income countries: a systematic review. *Nutrition reviews*, 75(10), 798–829. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nux037>
- Tofiño, A., Tofiño, R., Cabal, D., Melo, A., Camarillo, W. & Pachón, H. (2011) Evaluación sensorial de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) mejorado nutricionalmente en el norte del departamento del Cesar, Colombia. *Perspectivas Nutrición Humana*, v. 13, p. 161-177.
- Tofiño, A., Pastrana, I., Melo, A., Beebe, S. & Tofiño, R. (2016a). Rendimiento, estabilidad fenotípica y contenido de micronutrientes de genotipos de frijol biofortificado en el Caribe seco colombiano. *Revista Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, v. 17, n. 3, p. 309-329.
- Tofiño, A., Velásquez, A. & Zapata, M. (2016b). Indicadores edafológicos del cultivo de frijol en el caribe seco colombiano: una estrategia In situ. Editorial Corpoica.
- Torres, G. (2018) Gestión y gobernanza territorial. Los Sistemas Agroalimentarios Localizados en la encrucijada del desarrollo territorial. *RIVAR* Vol. 5, N° 14: 61-79.
- Velásquez, A. & Aguilar, N. (2005). Manual introdutório á análise de redes sociais. Exemplos práticos com UNICINET 6.109 e NETDRAW 2.28. (Consulta: 4 de noviembre de 2018). Disponible en:

## NOTAS

[1] En el mercado actual de los Arhuacos no hay diferencia en el precio al consumidor entre frijoles regulares y biofortificados. La comunidad indígena no vende el frijol biofortificado por fuera del resguardo, actualmente comercializa el grano biofortificado para el Programa de Alimentación Escolar-PAE, de las escuelas del resguardo. Este programa no contempla un precio diferencial a la tarifa definida para el consumidor puesto que se ejecuta a través de un sistema financiado y monitoreado por el gobierno nacional. El producto debe cumplir un estándar predefinido (grano entero, seleccionado, empacado) en concordancia con la Norma Técnica de Calidad (NTC. 871., pág. 7). En este contexto solo existe una tarifa, sin valores diferenciales por calidad. El valor estándar para el Cesar por kg de frijol es de \$ 1.57 dólares, con una ganancia para cada familia productora de \$ 0.63 / kg. (Mineducación, 2014).

[2] Comunicación personal de Freddy Izquierdo, Representante legal de Asociación de Autoridades Arhuacas de la Sierra Nevada.

[3] Estos microdatos anonimizados se encuentran disponibles en la página [www.datos.gov.co](http://www.datos.gov.co)