



Desmitificando los frijoles biofortificados: Experiencias con científicos internacionales y comunidades del Caribe Colombiano

Mg. Rochel Ortega, Elizabeth; PhD Tofiño Rivera, Adriana Patricia; Mg. Gómez Latorre, Douglas Andrés; Mg. Rozo Leguizamón, Yanine

Cómo citar: Rochel Ortega E., Tofiño Rivera A. P., Gómez Latorre D. A. & Rozo Leguizamón Y. "Desmitificando los frijoles biofortificados: Experiencias con científicos internacionales y comunidades del Caribe colombiano", Artículos, *Abordajes*, DACSJyE-UNLaR, 2021, 9 (15) 116-150.

Fecha de recepción: 27/12/2021

Fecha de aprobación: 18/01/2022

Resumen

La investigación con frijoles biofortificados para el Caribe colombiano refiere indicadores de apropiación social y de dinámicas autónomas en las que, se han documentado emprendimientos de grano seleccionado y empacado para venta directa al consumidor. Sin embargo, la articulación con etnias para estas variedades, no se ha consolidado aún, debido a la necesidad de un modelo productivo agroecológico no disponible actualmente y de una nueva variedad biofortificada adaptada a zonas planas y secas. Al respecto, se pretende documentar el alcance de los frijoles biofortificados, desmitificando algunas presunciones de los científicos del sector agroalimentario para favorecer la articulación de cadenas de actores de interés en torno a la temática. Asimismo, aprovechar las lecciones aprendidas en once años de investigación y transferencia en estos cultivares, como ruta crítica para la obtención participativa y divulgación de una nueva variedad de frijol de calor y sequía para etnias del Caribe.

Palabras clave: tenencia de la tierra, autoconsumo, comercialización, agricultura familiar



Demystifying biofortified beans: experiences with international scientists and communities from the Caribbean region of Colombia

The research about biofortified beans for the Caribbean region of Colombia relates signals of cultural appropriation and of autonomous dynamics in which small businesses of grains selected and packed for direct-to-consumer sale have been documented. Nevertheless, the articulation with ethnic groups for these varieties has not been consolidated due to both the necessity of an agroecological productive model, which is not available yet, and the necessity of a new biofortified variety adapted to plain and dry areas. Regarding this, it is pretended to document the range of biofortified beans. In this way, it will be possible to demystify some assumptions made by scientists that belong to the agri-food sector to favor the articulation of actors interested in this topic. At the same time, it will be possible to take advantage of all that has been learned in eleven years of research and transference, as a critical way for the participation and spread of a new variety of bean of heat and drought for ethnicities from the Caribbean region.

Key words: agricultural innovation, *Phaseolus vulgaris*, high nutritional quality, improved varieties, participatory selection

Introducción

El Departamento del Cesar registra altos índices de pobreza y de desempleo en el sector rural por encima del promedio nacional, con mayor incidencia dentro de las comunidades indígenas, en las cuales se ha detectado desnutrición generalizada, especialmente en niños y ancianos. La mitigación de los índices de pobreza en el departamento del Cesar requiere de acciones transversales que involucren la reactivación de productos tradicionales con valor agregado y el abastecimiento de alimentos con gran valor nutritivo. Al respecto es importante precisar que este departamento, es el octavo con más población auto reconocida como indígena, con una población de 51.233 personas (Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE], 2019).



En Colombia, la desnutrición aguda se presenta en el 1,6% de los niños menores de 5 años, pero el retraso en talla y la desnutrición en la población indígena puede alcanzar el 29,6% y 2,9% respectivamente, por encima de la media nacional. Las deficiencias de los micronutrientes hierro (20,2%), zinc (40,7%) y vitamina A (35,8%) en la región caribe y la falta de minerales (hierro y zinc) se incrementa en el área rural. La prevalencia de anemia en las etnias indígenas es del 34%, siendo de 24,7% en la población general de la nación (Instituto Colombiano de Bienestar Familiar [ICBF], 2015a). Es por esto, por lo que la complementación alimentaria es una estrategia importante indicada en poblaciones con alta vulnerabilidad, con el fin de incrementar la ingesta de energía y nutrientes (Ministerio de Salud y Protección Social [Minsalud], 2020). Los niños son la población más susceptible a la desnutrición debido a su rápido crecimiento asociado a las pocas cantidades de alimentos consumidos, los cuales tienen por lo general un bajo valor nutricional, afectando no solo el peso y la talla, sino también causando anemia por deficiencia de hierro, que es la causa frecuente de anemia a nivel mundial y deficiencia de otros micronutrientes que generan disfunción del sistema inmune y alteración en el desarrollo cerebral (Shet et al., 2020). De acuerdo con la Encuesta Nacional de la Situación Nutricional [ENSIN] (ICBF, 2015), 24,7% de las etnias del país ofrecen una dieta mínima aceptable a niños de 6-23 meses respecto al promedio nacional de 37,4; el retraso en talla en niños escolares (7-12 años) tiene un promedio nacional de 7,4% mientras que en las etnias alcanza 29,5%. Las anteriores cifras dan cuenta de las características de una población cuyo modelo económico propio se sustenta en la producción agrícola.

Por otra parte, las variedades tradicionales disponibles presentaban alta susceptibilidad a los limitantes bióticos y climáticos, lo cual ocasiona alta demanda de agroinsumos durante su producción con pérdida de inocuidad en el grano, baja relación costo/beneficio y contribución al deterioro del ambiente vulnerable del Caribe seco. Por tanto, se desarrolló una variedad mejorada de frijol biofortificado para zona de ladera (700 a 1300 msnm) y un modelo de manejo en transición hacia la producción agroecológica. Sin embargo, se presentan limitaciones para la adopción por las etnias, pues estas comunidades rechazan los agroinsumos de



síntesis química y la variedad no cubre sus zonas de vida, dejando especialmente desprovista, la zona de pie de monte donde la producción de proteína animal y vegetal es más limitante (Huertas et al., 2017).

De acuerdo con lo anterior, se pretende avanzar en el logro de una nueva variedad de frijol para zonas cálidas y secas desarrollada participativamente, articulado a un modelo de producción sostenible, un plan de vinculación tecnológica con enfoques étnico y de género y promoción de mercado orientado con los actores de interés en el territorio (Rozo et al., 2021). Este trabajo recoge las etapas de desarrollo, lecciones aprendidas y los retos que se sortearon para el posicionamiento regional de las variedades de frijol biofortificado AGROSAVIA rojo 43 y CORPOICA rojo 39, las cuales, deberán enfrentarse para el desarrollo y la vinculación tecnológica de la nueva variedad de frijol, biofortificado, para comunidades étnicas asentadas en el pie de monte de la Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM). Al respecto, se documentan los resultados tangibles de la gestión social del conocimiento desde el 2011 hasta el 2021.

Materiales y métodos

Este trabajo se estructuró por momentos; el *primer momento* incluyó una recopilación de los documentos disponibles digitalmente en la web, incluyendo canales de videos, redes sociales alusivas a las variedades de frijol biofortificado AGROSAVIA rojo 43 y CORPOICA rojo 39 desde el 2011 al 2021, con la finalidad de construir una línea de tiempo documentada con hitos o productos tangibles; desde la investigación hasta la entrega a la sociedad y el proceso de vinculación tecnológica en desarrollo a la fecha, descritos en cuatro fases.

En el *segundo momento* se recopilaron las preguntas y respuestas sobre frijoles biofortificados generadas por un panel de expertos del Institute of Food Technologists (IFT) -durante una entrevista al equipo técnico de AGROSAVIA para determinar el impacto de los frijoles biofortificados en los sistemas agroalimentarios del Caribe- conducentes a la asignación de recursos para el desarrollo de proyectos



en la convocatoria Seeding the Future Global Food System Challenge¹; en el que la propuesta de frijoles biofortificados para etnias del Caribe resultó finalista en la convocatoria del año 2021. Este proceso, se considera relevante pues aclara las dudas que aún existen en la comunidad científica y en la sociedad en torno a los frijoles biofortificados.

En el *tercer momento*, se analizó la viabilidad de la obtención de una nueva variedad de frijol tolerante a calor y sequía a partir de los resultados de las evaluaciones de germoplasma realizadas en dos años de ejecución del proyecto titulado: “Obtención de variedades para uso comercial o de economía campesina de frijoles tolerantes a la sequía bajo sistemas de producción sostenibles en el Caribe colombiano”, a partir del análisis integrado de resultados de contenido de minerales y del rendimiento obtenido a 110 msnm, respecto al desempeño del frijol biofortificado AGROSAVIA rojo 43, por fuera de su dominio de recomendación (700-1300 msnm). En este sentido, se avalúo un grupo de 90 genotipos provenientes del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) ubicado en Palmira – Valle, en el Centro de investigación Motilonia en Codazzi Cesar, con temperatura media anual de 29°C, precipitación media anual de 1360 mm y humedad relativa del 69%; coordenadas 10°00'03,0" N, 73°14'53,3" O.

Los genotipos se establecieron en dos ciclos de cultivo bajo precipitación contrastante, en época de mínima pluviosidad (diciembre) y temporada de máxima pluviosidad (octubre) durante la anualidad 2020- 202, en donde se evaluó el rendimiento por planta y peso de 1000 semillas de acuerdo con Schoonhoven & Corrales (1987). Adicionalmente se analizó el contenido de minerales Fe y Zn en el laboratorio del programa de mejoramiento de frijol del CIAT mediante determinación de Fe y Zn por fluorescencia rayos X en harina de frijol. Además, se calculó la proyección de emisiones de GEI provenientes de la combustión de la biomasa para la cocción de frijoles, mediante una aproximación del consumo de leña como fuente energética para la cocción del grano (Kg/preparación). Este promedio se multiplicó por el número de veces en la semana que se preparan frijoles en el hogar (Tofiño et al., 2015) y la progresión anual (Ramírez et al. 2014).

¹<https://www.businesswire.com/news/home/20211027005140/en/Institute-of-Food-Technologists-Announces-Finalists-for-the-Seeding-The-Future-Global-Food-System-Challenge>

La estimación de emisiones de GEI en tCO₂eq provenientes de la combustión de la biomasa está basada en el método genérico (Nivel 1) presentado para toda la Biomasa (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 1996; IPCC, 2006; Carrasco, 2014). La cantidad de emisiones de GEI se determinó utilizando la siguiente ecuación:

$$FEqb = \left(MS * FBO * FCB * \frac{44}{12} \right) + (MS * FBO * FCB * NC * TEN_2O * PCGN_2O) + (MS * FBO * FCB * TECH_4 * PCGCH_4)$$

Donde:

FEqb: Factor de emisión para la quema de biomasa.

MS: Biomasa materia seca (t)

FBO: Fracción de biomasa oxidada (el valor por defecto es 0.9, según IPCC).

FCB: Fracción de carbono en la biomasa (el valor por defecto es 0.5, según IPCC 2006).

NC: Relación nitrógeno carbono (el valor por defecto es 0.01, según IPCC).

TEN₂O: Tasa de emisión para N₂O por la quema de residuos agrícolas (0.007, según IPCC 1996)

PCGN₂O: Potencial de Calentamiento Global del óxido nitroso (298, según IPCC 2007)

TECH₄: Tasa de emisión para CH₄ por la quema de residuos agrícolas (0.012, según IPCC 1996).

PCGCH₄: Potencial de Calentamiento Global del metano (25, según IPCC 2007).

Con el propósito de explorar el uso de calculadoras nacionales para estimaciones de CO₂ a nivel 2 (IPCC 2007), se usó la calculadora de carbono FECOC-WED 2016 desarrolla por la Academia Colombiana de Ciencias exactas, Físicas y Naturales



(ACCEFYN), que tuvo como entregable los factores de emisión de los principales combustibles empleados en la canasta familiar colombiana. La información fue actualizada en 2015 por la Fundación Natura y se constituyó en el soporte para la versión FECOC-WED 2016^{II}.

Finalmente, se presentan en este documento, algunas recomendaciones sobre la selección participativa y el intercambio de saberes con comunidades étnicas beneficiarias del proyecto.

Resultados y discusión

Línea de tiempo documentada

El proceso y las actividades que permitieron la vinculación tecnológica desde el desarrollo de proyectos de investigación, generación y documentación de ofertas tecnológicas, planes de vinculación y proyectos de desarrollo de negocios, entre otros; inició con la financiación de la Gobernación y cinco municipios del departamento del Cesar, a través de proyectos anidados de diferentes fuentes de financiación, iniciando con “Implementación del fríjol biofortificado en los focos productivos de fríjol tradicional del departamento para su utilización como alternativa nutricional en los programas de seguridad alimentaria del Cesar”, (convenio 1648). Posteriormente se ejecutó el proyecto “Plan de vinculación de la oferta tecnológica de frijoles biofortificados CORPOICA rojo 39 y AGROSAVIA rojo 43 en el Caribe seco colombiano” (ID 1000509); y finalmente el proyecto perteneciente al Plan Nacional de Semillas denominado: “Frijol biofortificado Cesar. Fortalecimiento de sistemas locales de producción de semilla”, financiado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia (MADR).

Las principales actividades conducentes a la vinculación tecnológica desde proyectos de investigación se desarrollaron en fases. En primera instancia, se avanzó mediante mesas sectoriales y foros regionales, en la sensibilización sobre el impacto de los cultivos biofortificados. Se identificaron stakeholders clave para los mercados orientados, se realizaron giras técnicas con productores para la selección en campo de genotipos para pruebas multilocales de evaluación agronómica; se

^{II} El aplicativo en línea de la calculadora puede consultarse a través del siguiente enlace: <https://www1.upme.gov.co/siame/Paginas/aplicativos.aspx>



verificó el impacto nutricional mediante evaluaciones de ingesta en niños escolares y el desarrollo de opciones agroindustriales como harinas diluidas mixtas de frijol y yuca.

En la segunda, se registraron dos variedades biofortificadas con mejor desempeño agronómico, la selección de asociaciones étnicas y participación de mujeres en la junta directiva a las que se entregó semilla certificada; elaboración de cursos semivirtuales para asistentes técnicos sobre producción de semilla y buenas prácticas agrícolas ofrecidos en tres municipios del departamento de Cesar; elaboración de una zonificación productiva para el Caribe seco (Cesar, La Guajira y Magdalena), acompañado de un modelo de producción sostenible.

En la tercera fase, se realizó seguimiento técnico a 200 familias que recibieron semilla certificada y se adelantó un análisis de sustentabilidad del sistema de frijol local frente al biofortificado e identificación de emprendimientos autónomos exitosos. La cuarta fase, se encuentra en desarrollo, promueve el emprendimiento de una asociación liderada por mujeres generando capacidades para la producción de semilla como agronegocio y facilitar el desarrollo de una marca local de grano biofortificado para consumo. Al respecto, AGROSAVIA ofrece acompañamiento técnico, articulación con stakeholder y apoya la inscripción en la convocatoria "Alianzas para la Vida Fase II" siendo seleccionada para financiación de Alianzas Productivas del MADR, la Asociación de Productores Agroecológicos de la Vereda Cuba Putumayo (ASOPROAGROGAR)-AGROSAVIA, municipio de Valledupar para la producción de frijol biofortificado (Figura 1).

Fases de la estrategia

2008

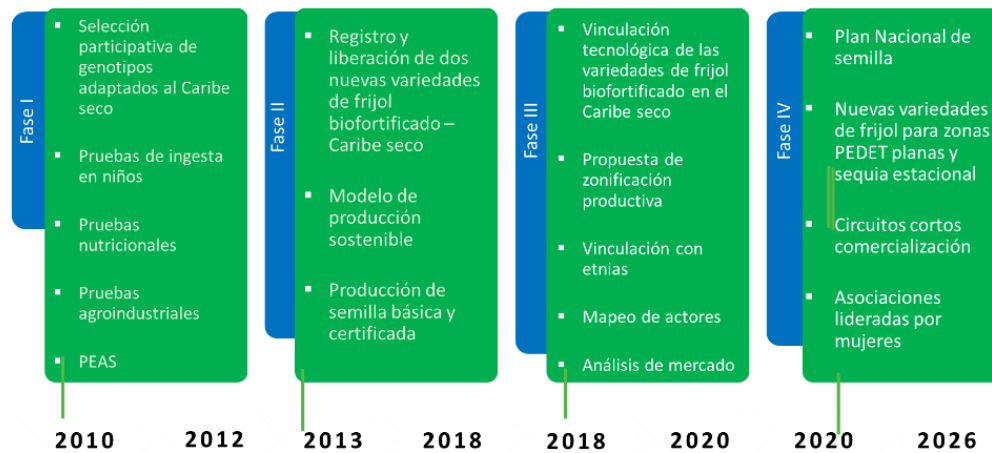


Figura 1. Línea de tiempo. Fuente: elaboración propia

Adicionalmente, en la cuarta fase se ha dinamizado la articulación con comunidades indígenas desde la perspectiva decolonial, al convertirlos en aliados para la formulación de iniciativas basadas en frijoles biofortificados para la gestión de recursos, entrega de semilla certificada y desarrollo de nuevas segmentaciones de mercado que valoren la producción étnica y orgánica. Este proyecto base se construyó participativamente a partir de 10 talleres con la comunidad Arhuaca, donde se plantearon los objetivos y actividades a partir de la visión étnica del territorio y del desarrollo comunitario indígena. Estos espacios propician el intercambio de saberes y lo más importante la co-creación de innovaciones tecnológicas como el modelo de producción agroecológico y el sistema agroalimentario con flujos hacia adentro y hacia afuera del resguardo.

Esta propuesta ha encontrado una financiación parcial por AGRILAC (Alianza Biodiversity & CIAT), en la que la Asociación de Productores Agroecológicos Indígenas y Campesinos de la SNSM y la Serranía del Perijá-(ASOANEI), -asociación indígena que exporta café orgánico-, que a partir del último trimestre de 2022 iniciará la producción en la SNSM para autoabastecimiento del resguardo y circuito corto de comercialización en las zonas urbanas circundantes al resguardo (sistema agroalimentario hacia adentro y hacia afuera del resguardo) a través de

alianzas regionales para la difusión de frijol rico en hierro (ATN/RF-19314-RG (RG-T4131)).

En mayor detalle, la tabla 1 presenta la línea de tiempo con la documentación generada para la gestión del conocimiento en frijoles biofortificados en alrededor de 10 años por cada fase.

-

Tabla 1. Documentos en la línea de tiempo para la gestión del conocimiento en frijoles biofortificados

Tipo de documento	Título	Acceso en línea	Autores	Año
artículo de investigación	Determinación del potencial productivo y nutricional de un frijón biofortificado mesoamericano en el Cesar, Colombia	https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169823914091	Tofiño, A., Tofiño, R., & Jiménez, H	2012
artículo de investigación	Evaluación agronómica y sensorial de frijón (Phaseolus vulgaris L.) mejorado nutricionalmente en el norte del departamento del Cesar, Colombia	https://revistas.udea.edu.co/index.php/nutricion/article/view/12267	Tofiño, A., Tofiño, R., Cabal, D., Melo, A., Camarillo, W., & Pachón, H	2012
artículo de investigación	Highly nutritional cookies based on a novel bean-cassava-wheat flour mix formulation	https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v32n3.45944	Cabal, D., Melo, A., Lissbrant, S., Gallego, S., La O, M., & Tofiño, A	2014
artículo de investigación	Seguridad alimentaria y nutricional en la región caribe: consecuencias de la desnutrición y buenas prácticas como soluciones.	https://doi.org/10.14482/indes.22.2.6615	Lissbrant, S	2015
libro	Frijol biofortificado Corpoica Rojo 39: proceso de obtención varietal y sistema productivo para el Caribe seco	https://doi.org/10.21930/agrosavia.investigacion.7403060	Tofiño, A., Cordero, C., Rozo, Y., & Tamayo, P	2019
libro	Modelo productivo de frijón para el Caribe seco colombiano	https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/34488	Rozo, Y., Tofiño, A., Gómez, D., Gómez, L., & Tamayo, P. (2018).	2018

libro	Indicadores edafológicos del cultivo de frijol en el Caribe seco colombiano: una estrategia in situ	http://hdl.handle.net/20.500.12324/1983	Tofiño, A., Velásquez, A., Zapata, M	2016
artículo de investigación	Rendimiento, estabilidad fenotípica y contenido de micronutrientes de frijol biofortificado en el Caribe seco colombiano	https://doi.org/10.21930/rcta.vol17_num3_art:511	Tofiño, A., Pastrana, I., Melo, A. Beebe, S., & Tofiño, A.	2016
artículo de investigación	Evaluation of agrochemicals and bioinputs for sustainable bean management on the Caribbean coast of Colombia	https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v33n2.49858	Melo R., A., Ariza, P., Lissbrant, S. and Tofiño, A	2015
tesis de Maestría	Exploración de actividades agroecológicas en el resguardo Kankuamo de Atánquez de la Sierra Nevada de Santa Marta, Departamento del César	https://repository.udca.edu.co/handle/11158/3415	Ospina, D	2019
libro	Lineamientos de una metodología híbrida para la vinculación científico-tecnológica de los pueblos ancestrales de Colombia	Por publicar en la Editorial AGROSAVIA https://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones	López, A., Tofiño, A., Ospina, D & Rozo, Y	En impresión

En tal sentido, el documento generado durante la primera fase del desarrollo de la variedad se enfocó en socializar el concepto de alimentos biofortificados como parte de los hábitos de vida saludable, lo cual permitió su articulación al programa de alimentación escolar del municipio de Valledupar. Esta decisión se facilitó por el trabajo participativo con productores y consumidores.

También por el ensayo clínico de ingesta el cual, evidenció que el consumo regular del grano incrementa indicadores del metabolismo del hierro en la sangre. Por otra parte, las posibilidades agroindustriales de los granos biofortificados se evidenciaron



en la propuesta de *Galletas con alto valor nutricional* basadas en una nueva formulación de mezcla de harinas de frijol, yuca y trigo, proceso que involucró actores del sector de panificación. Además, por ser un proyecto exitoso, la Gobernación del Cesar postuló el proyecto al Observatorio del Caribe colombiano que lo identificó como la mejor práctica alimentaria regional .

En la segunda fase se culminó el desarrollo de las variedades CORPOICA rojo 39 y AGROSAVIA rojo 43, pues se registraron en el libro de cultivares nacionales del Instituto Colombiano Agropecuario-ICA y se entregó semilla certificada durante el lanzamiento en el municipio de Manaure, Cesar. Posteriormente, se avanzó en el fortalecimiento técnico regional a partir del desarrollo de documentos para la transferencia de tecnología tales como el registro del proceso participativo de obtención varietal y el sistema productivo en transición a la agroecología para el Caribe seco. También, se generaron herramientas para optimizar la asistencia técnica: “Indicadores edafológicos del cultivo de frijol en el caribe seco: una estrategia in situ”; “Evaluación de agroquímicos-bioinsumos para el manejo sostenible del frijol en Caribe” .

En la fase tres, que correspondió al plan de vinculación tecnológica con los colectivos organizados de productores, se avanzó en la evaluación de la dinámica regional de la cadena de suministro y en las estrategias para integrar las variedades en los mercados formales, teniendo en cuenta la información de las centrales de abasto y modelaciones de análisis de riesgo en: “Articulación territorial de nuevas variedades de frijol biofortificado en los sistemas de producción del Caribe seco” .

También se avanzó en la generación de herramientas basadas en las tecnologías de la información y las telecomunicaciones (TIC) para la difusión de las variedades mediante videos técnicos étnicos que fueron publicados en la plataforma de YouTube, en los cuales, se exaltaron las ventajas de las variedades biofortificadas. Además, se publicó en canal YouTube de AGROSAVIA, el seminario regional virtual con los actores de la cadena denominado “Retos de la co-innovación tecnológica en zonas PDET del Caribe seco: reservorio biocultural del país”. Estas estrategias han contado con amplias difusiones con más de 500 visitas cada uno a la fecha.



Por otro lado, a partir del seguimiento a las familias frijoleras étnicas se sistematizó la tesis de Maestría “Exploración de actividades agroecológicas en el resguardo Kankuamo de Atánquez de la SNSM, Cesar” . Este trabajo identificó que las prácticas ancestrales presentan puntos críticos que incrementan el impacto ambiental de la producción, que deberán mitigarse con acciones desde la agroecología concertadas con la comunidad.

En concordancia con lo anterior, se ha logrado evidenciar la apropiación de las nuevas variedades por la comunidad a través de la identificación de iniciativas exitosas de comercialización de frijol biofortificado en los mercados campesinos de los municipios de Manaure y Rio de Oro en el departamento del Cesar, así como la compra local de grano biofortificado para el programa de alimentación escolar del Pueblo Arhuaco. En la fase cuatro que se desarrolla actualmente, el enfoque principal se da en la difusión de la variedad y el cambio hacia un consumidor consciente, a partir de la participación en ferias locales y regionales y la articulación con chefs influencers. Para facilitar ese proceso, se avanzó con cápsulas de video para su distribución a través de los canales y las redes sociales de mayor utilización^{III}.

Adicionalmente, a través de los testimonios de productores que han posteado en sus propias páginas^{IV} la experiencia. Este esfuerzo favoreció la aceptación del frijol biofortificado por parte de las comunidades étnicas, debido al valor material e inmaterial que tiene este cultivo tradicional^V; finalmente, consideran a AGROSAVIA como un aliado, manteniendo su participación en los días de campo programados por el Centro de Investigación Motilonia, en los que demandan sistemas de producción agroecológica. Basado en esas experiencias se consolidó una metodología para el trabajo con enfoque decolonial con comunidades étnicas denominada metodología híbrida para la innovación científico-tecnológica con comunidades étnicas para Colombia .

Al respecto, la transición hacia la producción agroecológica para frijol biofortificado que se busca actualmente en los proyectos financiados por AgriLAC Resiliente: Una

^{III} <https://www.youtube.com/watch?v=xw9RIWBCiIM>

^{IV} <https://m.facebook.com/Asofuaca-102302941775591/videos/frijol-biofortificado/2884361458502764>

^V https://www.youtube.com/watch?v=A2Z_VsH1ITQ



iniciativa del CGIAR para aumentar resiliencia, sostenibilidad y competitividad en América Latina y el Caribe y FONTAGRO (ATN/RF-19314-RG (RG-T4131)), requieren la integración de ofertas tecnológicas complementarias tales como los indicadores de calidad de suelo, y el desarrollo de nuevas ofertas, como la optimización del riego a bajo costo en zonas de ladera. También la integración del fríjol a esquemas comerciales formales en circuito corto de comercialización, al igual que esquemas de producción de semilla certificada con integración de las asociaciones beneficiarias.

Este trabajo en sus cuatro fases con fríjol biofortificado de AGROSAVIA le permitió obtener el reconocimiento por pacto global red Colombia en 2021 dada su contribución al cumplimiento del ODS 2, hambre 0, de tal modo que a la fecha las variedades de fríjol biofortificado se producen autónomamente en los municipios de Pueblo Bello, Valledupar, La Paz, Codazzi y Rio de Oro en el departamento del Cesar, por asociaciones de productores como ASOPROAGROGAR, ASOFUACA, tierra fértil, ASOCIT y ASOANEI con un hectareaje aproximado registrado en 2019 de 60 ha y 100 familias. Finalmente, se dio visibilidad internacional a las variedades a partir de su inclusión en la plataforma World Overview of Conservation Approaches and Technologies (WOCAT) con base en datos mundial sobre gestión sostenible de la tierra que proporciona acceso gratuito a la documentación de las prácticas de SLM probadas en el campo^{VI}.

Experiencia con científicos de la línea alimentaria

Con relación al *segundo momento*, donde se recopilaron las preguntas sobre los fríjoles biofortificados generadas por un panel de expertos del Institute of Food Technologists (IFT), para determinar el impacto de los fríjoles biofortificados en los sistemas agroalimentarios del Caribe, los resultados obtenidos fueron los siguientes:

¿Y tienen una vida útil similar los fríjoles regulares y los biofortificados?

La variedad de fríjol biofortificado AGROSAVIA rojo 43, no cuenta con estudios de durabilidad en anaquel. Sin embargo, en Colombia existe la norma NTC 871, en la

^{VI} https://qcat.wocat.net/es/wocat/technologies/view/technologies_5872/



cual se indican las características que debe cumplir el frijól seco para consumo humano con el fin de garantizar su calidad y vida útil como, por ejemplo, el contenido de humedad máximo del 15,0% (base húmeda), el contenido de impurezas máximo del 1% y no debe contener ningún tipo de infestación o infecciones. A partir de la composición nutricional determinada para el frijól biofortificado AGROSAVIA rojo 43, se encontró que la humedad es del 12%, el contenido de grasa de 1,19%, los azúcares totales del 1,16% y proteína del 24% y de acuerdo con esta composición, el frijól biofortificado no contiene elementos que generen descomposición, mal olor etc., que afecten su vida útil, por lo cual se considera que es similar a la de las otras clases comerciales de frijól que corresponde, a doce meses, de acuerdo con las condiciones de almacenamiento dadas después de la producción. Los programas estatales de seguridad alimentaria también incluyen estas consideraciones en las fichas técnicas de todos los productos que utilizan, entre ellos los frijoles secos (ICBF, 2014).

¿Es el tiempo de cocción de los frijoles biofortificados igual al de los frijoles comunes regulares?

La variedad de frijól biofortificado AGROSAVIA rojo 43 presenta 30 minutos menos de tiempo de cocción respecto a los frijoles regulares disponibles en el Caribe seco (Tofiño et al., 2016). Esta característica beneficia tanto a la familia productora/consumidora como al ambiente ya que su *rápida cocción* reduce la cantidad de tiempo y energía que los hogares, generalmente las mujeres, invierten en preparar comidas nutritivas, con lo cual liberan tiempo para otras actividades (productivas). Esto es especialmente relevante en la SNSM (figura 2) y también en el resguardo Arhuaco en el que las familias cocinan exclusivamente con leña; la cocción rápida disminuirá la presión de deforestación para leña y las emisiones que generan los hogares para la cocción de alimentos ya que se ha registrado recientemente la deforestación y la vulnerabilidad a la erosión en esta reserva de la biósfera. (Duran y Oliveros, 2021).



Figura 2. Fogón de leña en vivienda de la finca La esmeralda, vereda el descanso, Corregimiento de Mariangola, municipio de Valledupar en la SNSM a 1400 msnm. Fuente: Adriana Tofiño, AGROSAVIA, 2012

Es así como la estimación teórica de GEI proveniente de la combustión de la biomasa para la cocción de frijoles biofortificados por familia/día es de 0.0093 tCO₂ eq., mientras que para los frijoles convencionales fue de 0.012 tCO₂ eq. En promedio cada familia emite alrededor de 2.233 tCO₂ eq/año para la cocción de frijoles biofortificados, mientras para los frijoles convencionales se estimó en 2.978 tCO₂ eq/año (Tabla 2).

Tabla 2. Consumo de leña y emisión de GEI para cocción de frijol en la comunidad indígena Arhuaca, departamento del Cesar

Tipo frijol	Consumo día/ familia (kg)	Consumo semana/familia (kg)	Consumo mensual/familia (kg)	Consumo año/familia (t)	t CO ₂ eq /familia/año
Frijol biofortificado	5.25	26.25	105	1.260	2.233
Frijol convencional	7	35	140	1.680	2.978

Fuente: Elaboración propia



Teniendo en cuenta los datos generados por la calculadora de carbono FECOC-WED 2016, se estima que una familia que consume al 1680 kg de leña/año para la cocción de frijoles convencionales, genera 2555.84 kgCO₂ eq^{VII}. Por su parte una familia que consume frijoles biofortificados al reducir media hora el tiempo de cocción, emplearía aproximadamente 1260 kg de leña al año, lo cual implica la generación de 1916.88 kgCO₂ eq.

Cabe destacar que mediante el uso de frijoles biofortificados de rápida cocción por las familias, se disminuirá el volumen de extracción de leña de los remanentes del bosque de galería de la SNSM en 420 kg/familia/año y se dejará de emitir entre 639 y 745 kgCO₂ eq/ familia/año. Indicadores que en su conjunto contribuyen a la conservación de los recursos naturales, medios de vida de las comunidades, y adaptación y mitigación de las comunidades indígenas a la crisis climática.

¿Sabor y aspecto igual entre frijoles biofortificados y regulares?

Los frijoles biofortificados desarrollados por HarvestPlus-CIAT, presentan calidad sensorial que iguala y en muchos casos supera a los frijoles regulares. De acuerdo con resultados de una revisión sistemática se registran al menos nueve estudios de aceptabilidad sensorial de frijoles biofortificados. De estos, tres estudios realizados en: Cuba, Guatemala y Nicaragua (INTA ferroso), no mostraron preferencias entre consumidores. Un estudio en Nicaragua de tres genotipos élite registró que, aunque no hubo preferencia, el control regular presentó un mayor puntaje. Los otros cinco estudios indicaron rasgos sensoriales a favor de los frijoles biofortificados (Talsma et al., 2017).

La variedad de frijol biofortificado AGROSAVIA rojo 43, se obtuvo en alianza con CIAT biodiversity y presenta calidad sensorial que iguala y en algunos aspectos supera, a los frijoles regulares. En el Caribe colombiano, los frijoles biofortificados preparados en las recetas tradicionales de la zona, no mostraron diferencias en apariencia, respecto a la calidad sensorial que tiene mejor espesor de caldo que otros frijoles disponibles (Figura 3).

^{VII} http://www.upme.gov.co/Calculadora_Emissiones/aplicacion/calculadora.html



Figura 3. Recetas tradicionales de Costa Caribe elaboradas con biofortificado AGROSAVIA rojo 43 y ofrecidas a los asistentes a la feria agropecuaria de Valledupar, Cesar en 2019. Fuente: Griselda Gómez, AGROSAVIA, 2019.

Respecto al aspecto y el sabor del fríjol biofortificado frente a los fríjoles regulares disponibles en el Caribe seco, AGROSAVIA cuenta con resultados registrados en el artículo científico titulado: “Evaluación agronómica y sensorial de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) mejorado nutricionalmente en el norte del departamento del Cesar, Colombia, en el que se identificó que existen diferencias a favor de los biofortificados en textura del grano y consistencia del caldo ($p < 0,05$). Las características sensoriales olor y sabor, no presentaron diferencias respecto a los otros fríjoles evaluados. Estos análisis se realizaron con 273 personas pertenecientes a diferentes grupos etarios como niños en rangos de edad entre los 7-11 años, adultos como consumidores no entrenados y 27 ingenieros de alimentos como consumidores entrenados quienes desarrollaron pruebas con diferentes niveles de complejidad. Los ingenieros aplicaron la caracterización descriptiva de aceptabilidad

(figura 4), los niños escala hedónica de aceptabilidad y adultos (productores y padres de familia) aplicaron la escala hedónica calificativa de aceptabilidad (Tofiño et al., 2011).



Figura 4. Panel sensorial con consumidores expertos, realizado en la Universidad de Santander- UDES en Valledupar, Cesar. Fuente: Adriana Tofiño, AGROSAVIA, 2012.

Esta información es consistente con lo referido en otras investigaciones de otros países con alta incidencia de desnutrición como Ruanda. Estudios sobre la aceptación del consumidor llevados a cabo en el área rural de Ruanda mostraron que incluso en ausencia de información nutricional, a los consumidores de la Provincia del Norte les agradaron más los atributos sensoriales de los frijoles ricos en hierro que los de las variedades locales u otras variedades de frijol rico en hierro (Murekezi et al. 2017).

Por otro lado, en Panamá también se presentan registros que demuestran que la calidad sensorial de los biofortificados se equipara a la de los frijoles tradicionales a partir de pruebas discriminación triangular en las que el análisis estadístico mostró que no hay preferencia entre los dos tipos de frijol (Barría et al., 2020). La calidad sensorial similar de los frijoles biofortificados y las variedades locales también se registró en Guatemala, donde se indicó que los consumidores prefirieron igualmente las variedades de frijol enriquecidas con hierro y las locales (Pérez et al., 2018).

¿Cuál es la diferencia de precio para el consumidor entre estos frijoles y los frijoles regulares?



Actualmente no hay un precio diferencial entre los frijoles biofortificados y los granos de frijol no biofortificados disponibles en el mercado pero, lo que sí existe, es una mayor percepción de valor agregado por sus características de composición nutricional; lo que incide en que sea preferido frente a sus competidores y que el actual comprador lo adquiera como alimento para el Programa de Alimentación Escolar (PAE), mercado institucional. El precio actual del frijol producido por los Arhuacos y Kankuamos se encuentra dentro del rango de precios para el mercado de los frijoles, y del precio actual de venta (USD1,40) reciben una utilidad del 42,5%. Sin embargo, dentro del plan de mercadeo del proyecto “Alianzas regionales para la difusión de frijol rico en hierro” ATN/RF-19314-RG (RG-T4131) se realizará la estrategia de precio acorde al mercado que se atienda (mercado de origen étnico, orgánico o altos en hierro, por ejemplo) y que iguale o supere el actual margen de utilidad.

En mayor detalle, en el mercado actual de las etnias de la SNSM, 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, solo comercializa hacia al interior de éste para el Programa de Alimentación Escolar-PAE, de las escuelas en el territorio. Al interior de este programa no existe 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 cual debe cumplir un estándar predefinido (grano entero, seleccionado, empacado) en concordancia con la Norma Técnica de Calidad NTC. 871.

En ese contexto solo existe una tarifa sin valores diferenciales por calidad, que para el año 2021, el valor estándar en el departamento del Cesar por kg de frijol fue de USD 1.57, implica una ganancia para cada familia productora de USD 0.63 por kilogramo, esto antes del alza en el precio del dólar en Colombia. A partir del desarrollo del proyecto propuesto y gracias a la alta productividad de la variedad biofortificada y el incremento del número de familias que la cultivarán, se generará la posibilidad de articulación en el mercado hacia afuera del resguardo, sin que se disminuya la tasa de autoconsumo.



En el nuevo escenario comercial derivado de la financiación y el desarrollo del proyecto, la respuesta al cambio de precio al consumidor variará en el tiempo. Durante los años 1 y 2, mientras se desarrolla un producto que cumpla los estándares y normativas de los mercados más exigentes, no habrá un cambio de precio al consumidor y a partir del año 3, se podría incluir en el multimodelo de mercado a desarrollar con la comunidad a través de la introducción del producto en programas distintos al PAE, por ejemplo, en tiendas naturistas que manejan mayor valor en productos alimenticios.

Las diferencias existentes en los valores del grano para el consumidor se relacionan con la clase comercial de frijol a la que corresponden: el sistema de comercialización (plaza de mercado, tiendas de barrio, supermercado) y la presentación del producto (bulto, bolsa sin etiqueta, bolsa con norma de etiquetado). Siendo así, la clase comercial de frijol de mayor precio en el país es el tipo cargamanto, el cual se comercializa a granel (libra) en mercados mayoristas a un precio de USD 2,78 aproximadamente; el frijol que se comercializa en supermercados se empaqueta en bolsas plásticas de 1 kg a un precio de 2,9 USD.

El frijol biofortificado se asemeja a la clase comercial de frijol radical, que, en el mercado colombiano, tiene un menor precio con respecto al frijol cargamanto antes enunciado. El valor de este frijol en plaza mayorista, en presentación a granel (libra) es de USD 1.22 y empaquetado en supermercado mantiene el mismo precio. Es interesante registrar, que el valor promedio por libra de diferentes clases comerciales de frijol en los supermercados de USD 1,77. También que el valor de la carne por libra en supermercado es 2,2 veces superior al promedio de libra de frijol seco, lo cual refuerza la importancia de la disponibilidad de proteína vegetal y micronutrientes contenidos en los frijoles biofortificados para las familias.

En los primeros dos años del proyecto, frente a la ausencia de posicionamiento de la marca y de un marketing social asociado con el consumo de frijol para lograr una fidelización del consumidor, se espera mantener el precio del frijol biofortificado. Sin embargo, a partir del año 3, se podrá generar un cambio en el precio, sustentado en el desarrollo de un nuevo producto de valor nutricional (concepto), empaque y etiqueta, potenciando la visibilidad de la cultura y saberes ancestrales; que permitirá

al producto biofortificado, ingresar a mercados de valor agregado como el naturista y el étnico que hoy existe para café y otros productos. En estos mercados de valor agregado, el precio por kg podría alcanzar un valor de 6,25 USD. Igualmente, la estrategia de multimodelo de mercado, permitirá dirigir el producto a diferentes tipos de mercado, incluidos los emergentes que se consoliden con el posicionamiento de la marca (Figuras 5).

En conclusión, con el desarrollo del proyecto Alianzas regionales para la difusión de frijol rico en hierro, ATN/RF-19314-RG (RG-T4131), se logrará un cambio de precio al consumidor al pasar de un mercado no diferenciado en el que se encuentra hoy el frijol seco en general (PAE y grano empacado en supermercado), a un mercado especializado como alimentos naturistas y productos étnicos, a partir del año 3. También a partir del año 3 el sistema agroalimentario tendrá un flujo de frijol biofortificado hacia adentro y hacia afuera del resguardo, que hoy solo se restringe al interior del resguardo y con bajas posibilidades de ampliación.



Figura 5. Precio al consumidor en el mercado naturista y étnico al que se podrá acceder a partir del año 3 del proyecto. Fuente: AGROSAVIA, 2021 a partir de información de productos supermercado Jumbo

¿Hay obstáculos regulatorios para los frijoles biofortificados?

En Colombia, el único requisito a nivel de normativa para la producción, comercialización de variedades mejoradas y producción de semilla es la Resolución



3168 del 2015 del Instituto Colombiano Agropecuario-(ICA). Al respecto, la variedad de frijol biofortificado AGROSAVIA rojo 43 cuenta con el registro ante el ICA, de acuerdo con la Resolución 1055 de 2015. (AGROSAVIA, 2021) y el Corpoica rojo 39 con la Resolución 1054 de 2015. Más allá del registro de la variedad, no existen obstáculos regulatorios para la producción y comercialización de frijoles biofortificados pues la política pública nacional promueve la alimentación saludable para todos los colombianos. Al respecto, las políticas públicas a nivel nacional, regional y local propenden por la seguridad alimentaria y nutricional de la población, la inocuidad de los alimentos a través de la producción limpia, el fortalecimiento económico de la población y el empoderamiento de las minorías étnicas.

A nivel normativo el proyecto elaborado participativamente con las etnias se articula con la generación de capacidades del pueblo Arhuaco para el cumplimiento de la resolución 3168 del 2015, la Norma técnica colombiana- NTC. 871 (ICONTEC, 2021) y la Resolución 0187 del 2006 del MADR que regula la producción de alimentos con sello ecológico (MADR, 2006). También es concordante con la política nacional para la gestión integral ambiental del suelo (GIAS), al integrar la oferta tecnológica titulada: “Protocolo de diagnóstico y monitoreo in situ de indicadores de calidad de suelo para el cultivo de frijol en el Caribe seco colombiano”.

En mayor detalle, se resaltan las acciones llevadas a cabo, con las directrices del Departamento Nacional de Planeación-DNP, CONPES 3514 del 2008 de política nacional fitosanitaria y de inocuidad para las cadenas de frutas y otros vegetales y al CONPES 3918 del 2018, en el que se establecieron las metas para cumplir Objetivos de Desarrollo Sostenible en Colombia.

¿La biofortificación se debe a las características del suelo?

No existen evidencias de requisitos específicos de suelo para que la variedad de AGROSAVIA mantenga su carácter de biofortificado. La variedad de frijol biofortificado AGROSAVIA rojo 43 ha mantenido su promesa de valor en términos nutricionales y productivos en diferentes condiciones de suelo (cinco localidades con condiciones de suelo contrastantes) y pisos térmicos en el Caribe seco (600 msnm-1400 msnm). En el departamento de Cesar, las características edáficas de la



Serranía del Perijá y la SNSM son contrastantes en términos de fertilidad al igual que sus características físicas, siendo la variedad biofortificada plástica en su adaptación en suelos de baja fertilidad y suelos fértiles. AGROSAVIA realizó un seguimiento entre 2008 al 2014 en 12 cosechas al contenido de micronutrientes, analizados en el laboratorio de calidad nutricional del CIAT; encontrándose que si bien, existe una variación cuantitativa en los resultados, el rango que presentó la variedad estuvo dentro de los niveles de biofortificación. Esta estabilidad entre ambientes y años se ratificó mediante correlación de Pearson $Pr < 0,05$, donde para el caso del Fe ($> 80 \%$), los valores de “r” fueron superiores a 0,70, con rangos entre ($Pr = 0,0760$) y ($Pr < 0,0001$; respecto al Zn (Tofiño et al., 2016).

En el registro nacional de cultivares de Colombia con resolución 1055 del 9 de abril del 2015, se registra que el promedio de Fe para la variedad biofortificada de AGROSAVIA es de 95 ppm, con un rango de 74,3 a 120 ppm. Al respecto, se utilizaron en laboratorio los mismos controles de HarvestPlus como son DOR 500 para contenidos comerciales de micronutrientes, SMC33 para genotipos enriquecidos nutricionalmente y MIB 465 para biofortificación, encontrándose que el valor más bajo referido supera ampliamente el contenido del DOR500 y ligeramente al SMC33 y el rango más alto obtenido supera en 25% al MIB465.

En referencia con el promedio registrado, supera en 10% al control de biofortificación utilizado en evaluación de germoplasma promisorio y a las dos variedades registradas como biofortificadas en zona andina de Colombia que presentan contenido de hierro similar al control de biofortificación B101 y B107. En cuanto al Zn, el promedio es de 37,4 ppm, siendo el valor más bajo obtenido de 26 ppm que supera el valor promedio comercial de frijol que es 20 ppm y el mayor valor de 55 ppm que supera el referente de biofortificación de 45 ppm. Sin embargo, el promedio registrado es levemente inferior al referente de biofortificación (Harvest plus, 2016).

Es importante, precisar que además de los análisis realizados en los laboratorios del CIAT, se cuenta con un registro realizado a la cosecha obtenida en 2019 en la localidad de Manaure Balcón del Cesar, a partir de un cultivo en finca de productor, que había recibido semilla certificada en años anteriores. El grano de frijol biofortificado AGROSAVIA rojo 43 se evaluó en el mismo ensayo con los 3 controles



utilizados por HarvestPlus pero, realizados por un laboratorio independiente y acreditado que cuenta con certificación de calidad.

Los nuevos resultados ratifican -para la variedad AGROSAVIA rojo 43- el mayor contenido de hierro respecto a todos los controles, con valores dentro del valor promedio registrado (95 ppm), lo cual ratifica el resultado del trabajo previo con CIAT. Sin embargo, en cuanto al Zn el resultado obtenido fue similar al de mayor rango referido en los estudios con CIAT (50 ppm), por encima del promedio registrado (37 ppm) y superó todos los controles, incluyendo al control de biofortificación (MIB 465) (40 ppm). Este resultado, robustece el rigor y calidad del seguimiento a la biofortificación a través de los años, la variabilidad de las condiciones del suelo en el Caribe seco y la estabilidad del contenido de micronutrientes una vez se entrega la variedad al productor.

Por otro lado, no puede desconocerse que, a nivel internacional, existen posiciones distintas frente a la influencia de los suelos y la fertilización sobre la acumulación de micronutrientes, así como la biodisponibilidad y la estabilidad del carácter de biofortificación en frijol una vez se entrega la semilla a los productores (Glahn & Noh, 2021). Sin embargo, aunque la fertilización adecuada puede mejorar la traslocación de Fe y Zn a las semillas, las variedades comerciales no alcanzan el nivel de biofortificación. Esta afirmación se refuerza en un estudio de 40 variedades comerciales en Colombia que mostró variabilidad en el contenido de micronutrientes entre variedades y en la respuesta a una fertilización fosforada variable frente a la acumulación de Fe y Zn en la semilla.

El mayor promedio alcanzado por las 40 variedades regulares colombianas aún con fertilización enriquecida en fósforo fue de 61,5 ppm, por debajo del nivel de frijoles enriquecidos nutricionalmente y menos el de biofortificados (Astudillo & Blair, 2008). El contenido de Fe en el promedio de las variedades colombianas aún con la mejor fertilización fue menor al referido en las variedades del este de África (71 ppm) que sí estuvieron en el rango más bajo de frijoles enriquecidos nutricionalmente (Glahn & Noh, 2021). Finalmente, hay una gran cantidad de estudios sobre la absorción de Fe y la homeostasis en plantas que demuestran que el contenido de Fe puede verse influenciado por genotipo, clima, composición de nutrientes del suelo, absorción por



las raíces, la translocación y la redistribución dentro de la planta, seguido de la removilización y la carga de minerales en la semilla (Glahn & Noh, 2021).

En conclusión, la biofortificación en frijol es un rasgo cuantitativo que tiene influencia genotípica, ambiental y de interacción genotipo X ambiente, al igual que el rendimiento; por lo cual, no resulta adecuado generalizar los resultados obtenidos en zonas diferentes del mundo y cultivares distintos ya que es importante revisar la variedad específica y las condiciones ecológicas donde se realizó el estudio. Es por esto, 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 lo cual, podemos afirmar que la variedad de frijol biofortificado AGROSAVIA rojo 43, en la zona de registro (dominio de recomendación), Caribe seco colombiano no tiene requisitos de suelo y ha sido estable después de su entrega a los productores.

¿Hay alguna diferencia en el costo de cultivar los granos biofortificados?

El frijol biofortificado AGROSAVIA rojo 43 no requiere de alguna práctica agronómica en especial, para mantener su alto contenido de minerales en la semilla y su desempeño agronómico. El seguimiento del desempeño de la variedad biofortificada en las comunidades, en años posteriores a la entrega de semilla certificada, mostró que bajo diferentes tecnologías locales de cultivo (baja y alta tecnificación), presentó mayor productividad que el promedio regional con variedades locales o regulares. Esto significa que no deberían existir diferencias en los costos de producción para el cambio de frijoles regulares hacia la variedad de frijol biofortificado AGROSAVIA rojo 43. Sin embargo, los talleres de costos realizados con las comunidades campesinas que recibieron la semilla indicaron que la variedad biofortificada presentó mayor tolerancia a las plagas y enfermedades propias de la región; por lo cual se realizó un 30% menos de controles químicos sobre plagas y enfermedades, respecto al frijol más sembrado en el Caribe conocido como rosado Zaragoza. Este aspecto, disminuyó los costos de producción por hectárea en 15% (AGROSAVIA, 2019).



Respecto a las comunidades indígenas, como los Arhuacos, que no aplican controles químicos, se refiere que el control de plagas se realiza con una dispersión de ceniza de leña en agua para el control de un escarabajo conocido como chokwitiko (*Diabrotica spp*). Este insecto en su fase larval ocasiona un daño en la planta de frijol que reduce considerablemente el rendimiento e inclusive la pérdida total de las plantas que ataca, si no se controla a tiempo. En el manejo de enfermedades, especialmente antracnosis y pudriciones radicales, se arrancan las plantas con alto nivel de afectación en el brote así como las muertas; se emplean durante el ciclo 10 jornales para la eliminación de plantas enfermas.

De acuerdo con la cultura ancestral, el manejo es solo curativo y de los ocho controles que en promedio se realiza en la cultura Arhuaca para las variedades tradicionales de frijol, con la variedad biofortificada solo se realizan tres; lo cual representa un ahorro de cinco jornales que pueden emplearse en otra actividad productiva de la familia. Ya que el frijol biofortificado tolera sequía, puede sembrarse en la época seca a diferencia del tradicional, donde el control de plantas muertas solo requirió dos jornales y en época de siembra tradicional se incrementa a cuatro jornales. En total los 11 jornales corresponden a un ahorro de USD 100 en un costo total de producción por hectárea de USD 575 (comunicación personal Freddy Izquierdo, Representante legal de Asociación de Autoridades Arhuacas de la SNSM, 20/12/2021).

¿Has estudiado la biodisponibilidad de los nutrientes en los frijoles? en Colombia o países vecinos.

Existe un estudio de revisión sobre la biodisponibilidad de micronutrientes en cultivos biofortificados donde se registra que en general, los alimentos biofortificados con una densidad de micronutrientes relativamente más alta tienen tasas de absorción total superior frente a las variedades no biofortificadas. Por lo tanto, la evidencia respalda el enfoque en los esfuerzos para cultivar plantas con mayores concentraciones de micronutrientes para disminuir la influencia de los inhibidores y compensar las pérdidas del procesamiento (Zeffa et al., 2021). Se registran algunos estudios de retención en Centro América como en El Salvador que indican que la



mayor retención de micronutrientes en frijol biofortificado se da en harina cruda seguido de harina precocida, grano cocido y freído con valores en porcentaje de retención de 95, 79, 70 y 66 para hierro respectivamente y 77, 66, 46 y 37 para Zn respectivamente (Calderón, 2012).

AGROSAVIA con el acompañamiento del CIAT estudió la biodisponibilidad de harina de frijol biofortificado en forma de harina diluida en mezcla con trigo y yuca dado que esta preparación se presenta en las recetas tradicionales de la región, también se puede utilizar para la producción de galletas biofortificadas para los niños escolares. El frijol utilizado en el estudio se produjo y se cosechó en la localidad de Pueblo Bello en la SNSM, en donde se identificó la mejor metodología para producir harina de frijol que permita mantener la retención de micronutrientes y calidad nutricional respecto al grano crudo. En general el contenido de la harina mostró proteína (35,9 g kg⁻¹), Zn (44,7 mg kg⁻¹), hierro (113,5 mg kg⁻¹) y fibra cruda (34,8 g kg⁻¹).

La biodisponibilidad de estos nutrientes remanentes de la cocción y el molido se corroboró con el análisis de biodisponibilidad *in vitro*. Además, se consideró la presencia de antimetabolitos y se identificó el tratamiento en la obtención de la harina que los redujo hasta 27%, resultando en una mejora de la calidad nutricional (fenoles en materia seca 2.6%). El porcentaje de antimetabolitos, como fenoles totales en harina-h (2,6 %), (7.3%) en grano de frijol-f; inhibidores de tripsina (101.4 mg kg⁻¹ h; 186.5 mg kg⁻¹ f), taninos insolubles (1.1 % h; 2.3 % f) y condensados totales (5.6 % h; 6.7 % f), presentó variación de acuerdo con el procesamiento del grano de frijol mientras que el contenido de taninos solubles condensados fue estable en los dos tratamientos (4,4 % h; 6.4 f), por debajo de 10%, lo que indica una calidad nutricional aceptable.

Se observó que las antimetabolitos disminuyeron de modo directo a la temperatura de precocción y al tiempo de exposición de secado al sol en la preparación de la harina. En el análisis de calidad nutricional se registró la alta calidad de la harina de frijol biofortificado, considerando que el porcentaje de Fe dializable ha sido descrito como un indicador confiable de su disponibilidad en los alimentos.

Como resultado del *tercer momento*, sobre las evaluaciones en zona plana bajo dos ambientes contrastantes en pluviosidad se evidenció que, al menos nueve genotipos presentaron producción de 800 kg/ha en alguno de los ciclos y además alcanzaron contenidos nutricionales cercanos a la variedad registrada de frijol biofortificado para zona de ladera. Al respecto, aunque los genotipos SMG30, SMG 22, SMG 12 y SMG 23 presentan características comerciales de grano y alto contenido nutricional, las productividades de grano por planta solo alcanzaron la cuarta parte de la obtenida por la variedad AGROSAVIA rojo 43.

Lo anterior, resulta promisorio respecto al germoplasma de acervo andino que se está incluyendo en los cruzamientos del programa de mejoramiento de frijol del CIAT. Sin embargo, aún no se alcanza el rendimiento necesario para avanzar en pruebas de evaluación agronómica conducente a registro de cultivares. Se plantea entonces, la necesidad de revisar la respuesta de estos genotipos de alto valor nutricional frente a las condiciones de los sistemas agroforestales que mitiguen el efecto de la alta temperatura sobre la viabilidad de polen en frijol (Polanía et al., 2017) (figura 6).

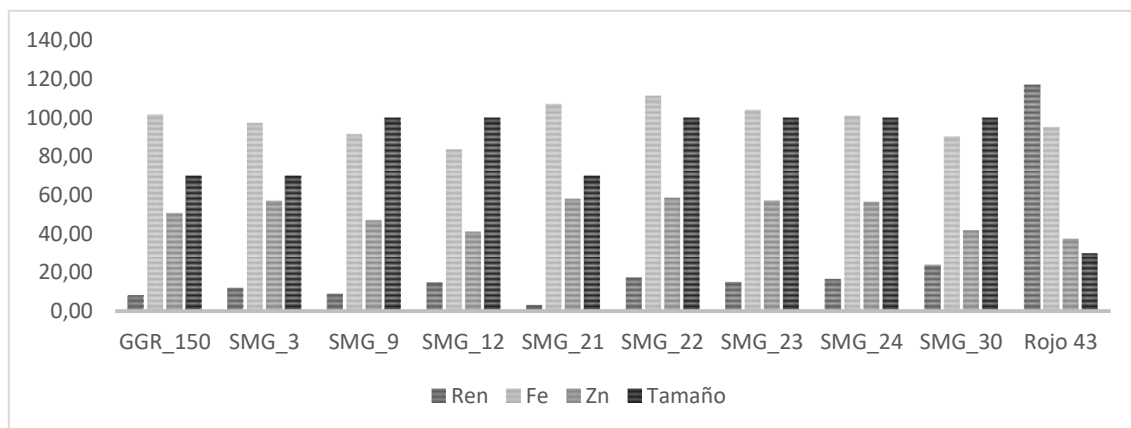


Figura 6. Genotipos contrastados de acuerdo con el rendimiento, contenido de Fe y Zn y tamaño del grano. Fuente: elaboración propia.

Consideraciones desde la visión de las etnias

La crisis ambiental que experimenta la SNSM ha concientizado a los líderes del resguardo Kankuamo y Arhuaco sobre la importancia de la biodiversidad, donde

144

Mg. Elizabeth Rochel Ortega (1), PhD Adriana Patricia Tofiño Rivera (2), Mg. Douglas Andrés Gómez Latorre (3)
Mg. Yanine Roza Leguizamón (4)

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA/La Suiza (1), CORPOICA/Motilonia (2),
CORPOICA/Tibaitatá (3), CORPOICA/Palmira (4)

erochel@agrosavia.co (1), atofino@agrosavia.co (2), dagomez@agrosavia.co (3), yrozo@agrosavia.co (4)



puedan coexistir en armonía los cultivos propios y variedades mejoradas para garantizar la producción estable de alimento bajo condiciones ambientales variables y eventos climáticos extremos cuyos intervalos se hacen cada vez menores (Rozo et al., 2021).

Al respecto, una de las líneas de acción de la FAO es promover enfoques agrícolas climáticamente inteligentes para el desarrollo de sistemas alimentarios inclusivos y sostenibles en cadenas de valor como la horticultura, raíces y tubérculos, entre otros. Así como el uso de las Escuelas de Campo para Agricultores (ECA) como un elemento promotor un cambio positivo de las actitudes, prácticas y comportamientos para transformar las relaciones de género (FAO, 2021). En este sentido, las Escuelas de Campo constituyen una de las maneras más efectivas de lograr que las familias rurales sean protagonistas de mejorar sus condiciones de seguridad alimentaria y nutricional. Donde cualquier problema puede convertirse en motor del aprendizaje, una oportunidad para cambiar actitudes y alcanzar metas más ambiciosas (Noguera et al., 2019).

Por otro lado, en lo concerniente a la generación de modelos productivos agroecológicos interculturales para frijol biofortificado, existen posiciones divergentes entre la extensión rural tradicional y la visión de los indigenistas. Sin embargo, a partir del reconocimiento de la no reconciliación entre el enfoque extractivista-mecanicista del discurso sustentable que delinea las acciones de vinculación tecnológica agropecuaria y la Ley de origen (Parra, 2017) -como ruta a partir de la cual se concreta la existencia del Arhuaco- reconocida como patrimonio cultural inmaterial a salvaguardar (Mincultura, 2017); se propone un acercamiento desde la agroecología y el intercambio de saberes para construir una innovación híbrida que armonice el conflicto entre la conservación del saber local y la protección de ecosistemas vulnerables frente al cambio y variabilidad climáticas (Galván, Fermán & Espejel, 2016).

Frente a lo anterior podría afirmarse que las estrategias de vinculación tecnológica agropecuaria, deben ser fruto del intercambio de saberes y de un diálogo profundo en el que se mida el impacto ambiental de la tecnología local de producción bajo los indicadores positivistas de la agroecología. A la vez, se interprete el significado



espiritual de cada una de las prácticas aplicadas, en la elección de los cultivos y el manejo de la unidad productiva agropecuaria, con el fin de identificar cuáles de las estrategias sustentables -adaptables al entorno- podrían incorporarse a la tecnología local y cuáles de las prácticas tradicionales, que riñan con la vulnerabilidad actual del ecosistema, pueden modificarse o mitigarse de acuerdo con el documento Madre-Jaba Seshizha. Este documento corresponde a un resultado de la autodeterminación de estos pueblos hermanos, para generar puntos de encuentro que permitan su inclusión en los esquemas de gobernanza Nacional. Explica principios y fundamentos ancestrales de la Ley de Origen que sustentan la integralidad y conexión material, espiritual, visible y no visible, inherente al ámbito de su territorio ancestral expresado en la Línea Negra (Mincultura, 2017; Parra, 2017).

Conclusiones

El frijol tiene un arraigo superlativo en el Caribe colombiano en el sistema de agricultura campesina, familiar y comunitaria-AFC. También entre las comunidades indígenas, con alta demanda de mano de obra y niveles de autoconsumo de hasta el 70%. Sin embargo, las variedades tradicionales son muy susceptibles a las limitaciones bióticas y climáticas, lo que provoca: alta demanda de agro insumos durante su producción con pérdida de inocuidad en el grano, baja relación costo/beneficio y contribución al deterioro del medio ambiente; ya vulnerable debido a su ubicación en zonas áridas. Por esto, resulta pertinente gestionar programas de seguridad alimentaria basados en frijol producido localmente.

Además las zonas planas, cálidas y secas del Caribe están por fuera de las zonas de vida de adaptación de los materiales locales y mejorados disponibles actualmente, ello favorece la presencia de desiertos agroalimentarios en estas zonas áridas en particular. El trabajo realizado en frijoles biofortificados dinamizó los sistemas alimentarios regionales basados en frijol, constituyéndose en un ejemplo de estrategia de innovación territorial que podría ser replicada en departamentos con altos índices de desnutrición, hambre oculta y bajos índices de innovación tecnológica como La Guajira.



Dicho trabajo aborda un enfoque integrador con alcance a toda la cadena de suministro de un producto básico, donde el productor étnico y los líderes de las asociaciones de productores sean reconocidos como actores en la obtención de variedades resilientes, al cambio y variabilidad climática con alto valor nutricional; su integración productiva -siguiendo su cosmogonía- y el alcance de estrategias divergentes para el acceso formal al mercado.

Las evaluaciones agronómicas en los tres centros de investigación del Caribe han mostrado genotipos mesoamericanos con desempeño consistente y enriquecidos nutricionalmente (aunque el tamaño de grano no es comercial) y poblaciones andinas con rasgos ya estabilizados, excelentes características de grano enriquecidos nutricionalmente. Sin embargo, aunque el contenido nutricional de algunos genotipos supera al de la variedad biofortificada registrada, la productividad por planta aún está por debajo de las variedades mejoradas regionales. Al respecto, se plantea la posibilidad de revisar el comportamiento de los genotipos bajo condiciones agroforestales para mitigar el efecto de la alta temperatura nocturna sobre la producción de semilla. Adicionalmente, continuar con las evaluaciones, especialmente de genotipos con acervo andino derivados de cruces con silvestres relacionados para incrementar la tolerancia a zonas áridas.

Agradecimientos

Al MADR, a Agrosavia y 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.

Referencias bibliográficas:

- Astudillo, C., & Blair, M. (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. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652008000300012&lng=en&tlng=es
- Barría, C., Henríquez, M., Vergara, O., & Rodríguez, E. (2020). Evaluación sensorial de nuevos cultivares de frijol poroto biofortificado de grano rosado en Panamá. *Ciencia Agropecuaria*, (31), 57-75. Recuperado a partir de <http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/300>.
- Calderón, V. (2012). Evaluación de la calidad nutricional de alimentos elaborados con cultivos biofortificados. Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología –



INTERNATIONAL
STANDARD
SERIAL
NUMBER
ARGENTINA



- CONACYT. volumen 17 No. 23 (CONACYT). <http://www.redicces.org.sv/jspui/handle/10972/2408>
- Carrasco J. (2014). *Factores de emisión considerados en la herramienta de cálculo de la huella de carbono corporativa. Mecanismo para la mitigación voluntaria de emisiones de gases efecto invernadero para Colombia*. P 1- 20. https://www.acueducto.com.co/wps/html/resources/2018ag/huella_carbono/informe_gei/6an_exo_3Factores_Emision_Herramienta_Inventario_GEI_EAB_2014.pdf
- Colombia. Corporación colombiana de investigación agropecuaria. (2021, octubre). *Cultivar de frijol biofortificado AGROSAVIA ROJO 43*. AGROSAVIA. <https://www.agrosavia.co/productos-y-servicios/oferta-tecnol%C3%B3gica/0340-frijol-biofortificado-agrosavia-rojo-43>
- Colombia. Corporación colombiana de investigación (2019). Informe técnico del plan de vinculación de la OT frijoles biofortificados, taller ASOFUACA, Rio de Oro Cesar. AGROSAVIA
- Colombia. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2019). Pueblos indígenas de la Sierra Nevada de Santa Marta: Resultados del censo nacional de población y vivienda 2018. DANE. <https://www.dane.gov.co/files/censo2018/informacion-tecnica/presentaciones-territorio/191004-CNPV-presentacion-Magdalena.pdf>
- Duran, M., Olivero, J. (2021). Vulnerability assessment of Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia: World's most irreplaceable nature reserve. *Global Ecology and Conservation* 28 e01592. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2021.e01592>
- Glahn, R., & Noh, H. (2021). Redefining Bean Iron Biofortification: A Review of the Evidence for Moving to a High Fe Bioavailability Approach. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. Vol. 5: 215. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.682130>
- Galván, D., Fermán, J., & Espejel, I. (2016). ¿Sustentabilidad comunitaria indígena? Un modelo integral. *Sociedad y Ambiente*, 4(11): 4-22.
- Harvest plus. (2016, junio 16). Nuevas variedades colombianas de frijol biofortificado: BIO – 101 y BIO – 107. <https://lac.harvestplus.org/frijol-biofortificado-bio-101-bio-107/>
- Huertas, O., Esmeral, S., & Sánchez, I. (2017). Realidades sociales, ambientales y culturales de las comunidades indígenas en La Sierra Nevada de Santa Marta. *Producción + Limpia*. Enero - Junio de 2017. 12(1): 10-23. <https://doi.org/10.22507/pml.v12n1a1>
- Colombia. Instituto Colombiano de Bienestar Familiar. (2015a). *Plato saludable de la familia colombiana: guías alimentarias basadas en alimentos para la población colombiana mayor de 2 años*. ICBF. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SNA/guias-alimentarias-basadas-en-alimentos.pdf>
- Colombia. Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (2015). *Encuesta nacional de la situación nutricional ENSIN*. ICBF. <https://www.icbf.gov.co/sites/default/files/nota-politica-ensin-mar11.pdf>
- Colombia. Instituto Colombiano de Bienestar Familiar. (2014). Fichas técnicas de alimentos. Bogotá - Colombia: Dirección de Nutrición. ICBF. https://www.icbf.gov.co/sites/default/files/anexo_2_fichas_tecnicas_de_alimentos.pdf
- Colombia. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2021, diciembre). NTC 871:2005 (Reaprobado 2021). Frijol, 15. Bogotá. ICONTEC. <https://ecollection-icontec-org.recursos.agrosavia.co/normavw.aspx?ID=5854>
- Colombia. Instituto Colombiano Agropecuario (2015). Resolución



INTERNATIONAL
STANDARD
SERIAL
NUMBER
ARGENTINA



003168. Bogotá. ICA. <https://www.ica.gov.co/getattachment/4e8c3698-8fcb-4e42-80e7-a6c7acde9bf8/2015R3168.aspx#:~:text=%22Por%20medio%20de%20la%20cual,fitomejoramiento%20y%20se%20dictan%20otras>
- IPCC. (2006). *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. y Tanabe K. (eds). Published by: IGES, Japón.
- IPCC. (2007). Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 104 págs. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4_syr_sp.pdf
- IPCC. (1996). *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual*. The Co-Chairs of the previous Expert Groups are given in the 1995 Guidelines. Disponible: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs6.html>
- Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (31 de julio de 2006). Resolución número 000187 de 2006. 14. MADR. https://www.minagricultura.gov.co/tramites/servicios/Documents/Resolucion_187_de_2006.pdf
- Colombia. Ministerio de Cultura. (2017). Resolución 3760 del 22 de diciembre de 2017. Sistema de conocimiento ancestral de los pueblos Arhuaco, Kankuamo, Kogui y Wiwa de la Sierra Nevada de Santa Marta. Bogotá. Mincultura.
- Colombia. Ministerio de Salud y Protección Social. (2020). Lineamiento para el manejo integrado de la desnutrición aguda moderada y severa en niños y niñas de 0 a 59 meses de edad Resolución N° 2350 de 2020, Colombia 2020. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SA/lineamiento-manejo-desnutricion-resolucion-2350.pdf>
- Noriega, D., Vásquez, R., Morales, M., Martínez, J., Salinas, E., & Contreras, J. (2019). Adopción de innovaciones en maíz bajo el modelo escuelas de campo en Tlalcozotitlán, Guerrero. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(8), 1903-1909. Epub 05 de febrero de 2021. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i8.1832>
- FAO. (2021). Frutas y verduras – esenciales en tu dieta. Año Internacional de las Frutas y Verduras 2021. Documento de antecedentes. <https://www.fao.org/3/cb2395es/cb2395es.pdf>
- Parra Witte, F. X. (2018). Living the Law of Origin: The Cosmological, Ontological, Epistemological, and Ecological Framework of Kogi Environmental Politics (Doctoral thesis). <https://doi.org/10.17863/CAM.22047>
- Polanía, J., Beebe, S., Rao, I., Poschenrieder, C., Cajiao, C., Barrera, S., Grajales, M., Rivera, M., Barbosa, N., Melo, E., & Chaves, N. (2017). Adaptación del frijol común al cambio climático: avances en tolerancia a sequía y calor. In: El cambio climático un desafío para la producción agrícola del mundo Facultad de Ciencias Agropecuarias - Universidad nacional de Colombia. Septiembre 29 de 2017. International Center for Tropical Agriculture (CIAT). Cali CO. 30 p.



- Pérez, S., Oparinde, A., Birol, E., Gonzalez, C., & Manfred, Z. (2018). Consumer acceptance of an iron bean variety in Northwest Guatemala: the role of information and repeated messaging. *Agricultural and Food Economics* 6, 14. <https://doi.org/10.1186/s40100-018-0108-2>
- Ramírez, J., & León, A. (2014). Firewood consumption in traditional stoves among traditional peasant families from the Antioquian Eastern region. *Producción + Limpia*, 9(1), 99-114. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-04552014000100008&lng=en&tlng=en.
- Rozo, Y., Ospina, D., Tofiño, A., & López, A. (2021). Ley de Origen integradora de prácticas productivas, premodernas - modernas, en territorio Kankuamo de Colombia. *Ambiente & Sociedade*, 24. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422asoc20200140r2vu2021L4AO>
- Shet AS, Zwarenstein M, Rao A, Jebaraj, P., Arumugam, K., Atkins, S., Mascarenhas, M., Klar, N., & Galanti, M. (2019). Effect of a Community Health Worker–Delivered Parental Education and Counseling Intervention on Anemia Cure Rates in Rural Indian Children: A Pragmatic Cluster Randomized Clinical Trial. *JAMA Pediatr*, 173(9):826–834. <https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2019.2087>.
- Talsma, E. Melse, A., & Brouwer, I. (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., Melo, A., Ruidiaz, Y. and Lissbrant, S. (2015). Evaluation of the potential dietary impact of the implementation of nutritionally improved crops in rural areas of the department of Cesar (Colombia). *Agronomía Colombiana*, 33(3), 383–390. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v33n3.51984>
- 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 en Nutrición Humana*. 2011; 13:161-177. <https://revistas.udea.edu.co/index.php/nutricion/article/view/12267/11126>.
- Van Schoonhoven, A; Pastor-Corrales, M. (1987). Standard system for the evaluation of bean germplasm. Centro Internacional de Agricultura tropical (CIAT), Cali, Colombia
- Zeffa, D., Nogueira, A., Buratto, J., Oliveira, R., Neto, J., Moda, V., (2021). Genetic Variability of Mineral Content in Different Grain Structures of Bean Cultivars from Mesoamerican and Andean Gene Pools. *Plants (Basel)*. 2021 Jun 19;10(6):1246. <https://doi.org/10.3390/plants10061246>