



LA ESTRATEGIA DE LA BIOFORTIFICACIÓN

SIGUE IMPACTANDO LA SEGURIDAD ALIMENTARIA DE MILES DE FAMILIAS EN COLOMBIA

PROGRAMA CULTIVOS BIOFORTIFICADOS, ALIANZA BIOVERSITY INTERNATIONAL Y EL CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL - CIAT

2023





Uno de los factores importantes para una alimentación adecuada es la ingesta diversa de cereales, legumbres, frutas, hortalizas y alimentos derivados de animales que aportan macronutrientes, micronutrientes y compuestos bioactivos (FAO, 2018; Herrera Chalé et al., 2014). De modo que, un adecuado consumo de macronutrientes y micronutrientes favorece las capacidades de aprendizaje, de salud y nutrición en niños, y la ausencia o déficit de ellos está directamente relacionado con el retraso en el crecimiento, así como el aumento de la mortalidad e infecciones en lactantes (FAO et al., 2022a).

En consecuencia, la deficiencia de micronutrientes está estrechamente relacionada con la anemia en mujeres en edad fértil (FAO et al., 2020; MINSALUD et al., 2021).

Por consiguiente, las mujeres que presentan esta condición tienen el doble de probabilidades de mortalidad en el parto y días posteriores (FAO et al., 2020). La deficiencia de micronutrientes aqueja entre 702 a 828 millones de personas en el mundo (CIAT, 2019; FAO et al., 2022a, 2022b).

Las políticas orientadas a disminuir el hambre en el mundo están enfocadas en poblaciones vulnerables por estado de desarrollo, niños de 0 a 5 años, por género, mujeres en edad fértil y embarazadas, y por último en territorios rezagados sin acceso a una adecuada alimentación (CIAT, 2019; FAO et al., 2020, 2021; FAO & CELAC, 2018; Herrera Chalé et al., 2014; MINSALUD et al., 2015, 2021). Debido al incremento de la hambruna en el mundo desde el 2015, líderes mundiales plantearon y adoptaron los Objetivos de Desarrollo Sostenible ODS (FAO, 2015).

De los 17 ODS adoptados, tres están relacionados con el acceso a una alimentación sana, nutritiva y suficiente, los cuales son ODS1 Fin de la Pobreza, ODS2 Hambre Cero y ODS3 Salud y Bienestar (FAO, 2015; FAO et al., 2021).



El ODS2 Hambre Cero, meta 2.1, establece: “De aquí a 2030, poner fin al hambre y asegurar el acceso de todas las personas, en particular los pobres y las personas en situaciones de vulnerabilidad, incluidos los niños menores de 1 año, a una alimentación sana, nutritiva y suficiente durante todo el año.” (FAO, 2015).

En América Latina y el Caribe, alrededor de 56,5 millones de personas padecen hambre, y América del Sur representa el 60,5% de ellos (FAO et al., 2022a, 2022b). Los esfuerzos disminuyeron la desnutrición crónica de 22,7% en 1990 a 9% en 2019 (FAO et al., 2020; MINSALUD et al., 2021).

Sin embargo, el sobrepeso infantil aumentó del 6,2% a 7,5% en el mismo período (FAO et al., 2020). Asimismo, en cuanto a la brecha de género, las mujeres presentan mayor prevalencia de inseguridad alimentaria que los hombres en América Latina con 32,4% y 25,7%, respectivamente (FAO et al., 2020).

La hambruna mundial es innegable, pero ¿qué sucede en las familias colombianas? En Colombia, la desnutrición por deficiencia de micronutrientes es un problema persistente de salud pública (MINSALUD et al., 2015, 2021). El porcentaje de personas subalimentadas en Colombia hasta el 2020 fue de 8,19 %, un 0,99 % más que el año 2019 (FAO, 2022a).

Según datos de la Estrategia Nacional para la Prevención y Control de las Deficiencias de Micronutrientes en Colombia (MINSALUD et al., 2021), una de cuatro mujeres gestantes entre 13 y 49 años que padece de anemia, el 50% sufren deficiencia de hierro, uno de cuatro niños entre los 6 y 59 meses tiene deficiencia de hierro, 34% de los niños en poblaciones indígenas y



afrodescendientes padecen de anemia, 36% de la población infantil entre 1 a 4 años padece de deficiencia de zinc, y el 27,3% de la población infantil colombiana sufre de deficiencia de vitamina A. La ausencia de alimentos ricos en micronutrientes en la dieta genera la llamada “hambre oculta”.

En este contexto mundial y colombiano, desde inicios del 2001, científicos del Centro Internacional de Agricultura Tropical, ahora Alianza Bioersity Internacional y el CIAT, realizan esfuerzos para combatir el hambre oculta (CIAT, 2022b; FAO, 2022c), un padecimiento presente en todas las regiones del mundo, especialmente, América Latina y el Caribe (FAO et al., 2022a, 2022b). Gracias al trabajo interinstitucional existen grandes avances en la lucha contra este mal.

Este contexto, sumado a la crisis alimentaria ocasionada por la pandemia del Covid-19, donde hubo disminución de los ingresos en los hogares y aumento de los precios, han afectado el acceso a una alimentación balanceada en la región (Penagos et al., 2020).



Fuente: Programa Biofortificados. Fríjol 027



Fuente: Programa Biofortificados. Revisión de lote Fríjol 027

Por lo tanto, una de las mayores causas de la inseguridad alimentaria en Colombia radica en la imposibilidad de acceder a los alimentos debido al bajo nivel de ingresos en algunos grupos poblacionales, ocasionando que el 35% de la población ingiera alimentos menos de dos veces al día (Valencia, 2022).

En respuesta a esta realidad apremiante, nace el programa Biofortificados (CIAT, 2022a).

Un programa con un enfoque integral, cuyos esfuerzos se centran en pro de la nutrición y la seguridad alimentaria, el cual propende no solo por mejorar los cultivos, sino que acompaña al agricultor para aumentar su productividad, desarrollar y comercializar sus propios productos alimenticios, para que los hogares colombianos estén cada día más saludables.



La Biofortificación,

una estrategia de mejoramiento natural

La Biofortificación es el proceso de aumento de la densidad de minerales y vitaminas en los cultivos básicos como arroz, maíz, yuca, camote y frijol, a través del mejoramiento convencional de plantas, ingeniería genética o prácticas agronómicas (fertilización) (Bouis & Welch, 2010; S. M. P. Carvalho & Vasconcelos, 2013; CIAT, 2022c; MINSALUD et al., 2021).

Para ello, explora la diversidad genética intraespecífica presente en los cultivos y selecciona aquellos con mayor capacidad de acumulación de microelementos biodisponibles (S. M. P. Carvalho & Vasconcelos, 2013). Cuando estos cultivos son consumidos con regularidad, mejoran la condición nutricional de las personas (CIAT, 2019; FAO et al., 2020; FAO & CELAC, 2018; Herrera Chalé et al., 2014; MINSALUD et al., 2021). Este proceso de bioacumulación es realizado con el fin de enfrentar y prevenir el hambre oculta (CIAT, 2022a, 2022c; FAO et al., 2020; MINSALUD et al., 2021).



Dr. Steve Beebe. Alianza Bioversity y CIAT.

“La Biofortificación es un proceso biológico que mejora los cultivos de consumo masivo para incrementar su valor nutricional”. Dr. Steve Beebe, investigador, Alianza Bioversity y CIAT.

Además, genera una alternativa para los pequeños agricultores, quienes siembran principalmente para la seguridad alimentaria de sus familias (FAO, 2018, 2022b; Penagos et al., 2020).

¿Cuáles son los micronutrientes que debemos consumir? Los nutrientes objetivos de la biofortificación son hierro (Fe), zinc (Zn), calcio (Ca), selenio (Se) y vitaminas (S. M. P. Carvalho & Vasconcelos, 2013). De acuerdo con Bouis & Welch (2010), la estrategia de Biofortificación es viable para familias rurales que no puedan acceder a alimentos fortificados y suplementos nutricionales.

Inicialmente, los cultivos biofortificados llegan a poblaciones rurales donde la mayoría de las personas padecen de desnutrición, y luego llegan a las poblaciones urbanas por medio de la comercialización de los excedentes de producción (Bouis & Welch, 2010; S. M. P. Carvalho & Vasconcelos, 2013). Esto permite que la biofortificación complemente los programas de fortificación y suplementación que funcionan mejor en las zonas urbanas centralizadas y luego llegan a las zonas rurales con una buena infraestructura, pues los cultivares biofortificados adaptados se vuelven ampliamente disponibles en las regiones a través del tiempo y a bajos costos recurrentes (Bouis & Welch, 2010; MINSALUD et al., 2021). Según Bouis & Welch (2010), para que la biofortificación tenga éxito deben confluír tres determinantes:



1

Un cultivo biofortificado debe ser de alto rendimiento y rentable para el agricultor.

2

Debe demostrarse que el cultivo biofortificado es eficiente y eficaz para reducir las deficiencias de micronutrientes en los seres humanos.

3

El cultivo biofortificado debe ser consumido tanto por los agricultores como por los consumidores de las regiones en las que las personas padecen de hambre oculta.

“Nuestro objetivo es que cada día, más agricultores y sus familias tengan acceso a semillas más nutritivas para que mejoren su seguridad alimentaria, así como los ingresos con la comercialización de los excedentes de cosechas”.

Luz Adriana Jiménez Ramírez, Coordinadora Sénior del Programa de Cultivos Biofortificados en Colombia, Alliance Bioversity-CIAT.



Fuente: Programa de Biofortificados. Lanzamiento del híbrido de maíz SGBIOH2, 2019.

La biofortificación es considerada la primera línea para combatir el hambre oculta debido que es naturalmente saludable, y ofrece valor agregado a consumidores y pequeñas empresas (Bouis & Welch, 2010). Este proceso ha venido creando un impacto global en las comunidades donde las personas padecen de hambre oculta, pues ha ayudado a mejorar la nutrición y la salud. Una vez implementada la biofortificación, reducirá el número de personas con deficiencia de micronutrientes que requieren intervenciones de programas de suplementación y fortificación (Bouis & Welch, 2010; S. M. P. Carvalho & Vasconcelos, 2013; MIN-SALUD et al., 2021).

¿Qué cultivos Biofortificados puedo sembrar, comercializar y consumir?

Canasta básica de alimentos.

En Latinoamérica y el Caribe, desde tiempos del proyecto Agrosalud, se ha trabajado con el enfoque de la canasta básica de alimentos, debido a que, a diferencia de países de África y Asia, en la región es altamente predominante el consumo de una variedad de productos alimenticios en una misma preparación. Es por ello que, en países como Colombia, a la fecha se cuenta con una oferta diversa de cultivos biofortificados, entre los cuales está el frijol con mayor contenido nutricional de hierro y zinc, el maíz y el arroz con mayor contenido de zinc, y la yuca y la batata con mayor contenido de provitamina A.

Gracias al desarrollo científico, hoy el país y los agricultores cuentan una amplia selección de materiales adaptados a diferentes regiones, los cuales cumplen con los criterios de productividad y reglamentación nacional por parte del ICA (Instituto Colombiano Agropecuario), además de ser más nutritivos para la población, destacándose de la oferta comercial actual.



Canasta básica de alimentos



Fríjol		+ hierro + zinc
Arroz		+ zinc
Maíz		+ zinc
Batata		+ vitamina A
Yuca		+ vitamina A

Alimentos Biofortificados en Colombia America Latina y el Caribe. Fuente: www.biofortificados.com

¿Realmente mejora mi salud si consumo alimentos Biofortificados?



La respuesta es SI. En Uganda la deficiencia de vitamina A es un problema persistente (Hotz et al., 2012). Un estudio en 265 niños y 578 mujeres con deficiencias de vitamina A con ingesta de batata biofortificada con vitamina A, mostró una correlación positiva entre la ingesta de la batata y los contenidos de vitamina A, determinando asociación de la ingesta con una mejor absorción de esta vitamina en los niños evaluados (Hotz et al., 2012).

Estudios realizados por el Instituto Federal de Tecnología (ETH Zúrich) en una población de entre 18 y 45 años, concluyó que la absorción

fraccional de zinc de un arroz fortificado con zinc fue la misma que la de zinc proveniente del arroz biofortificado (Brnić et al., 2016), comprobando su efectividad y complementariedad con otras estrategias de fortificación de los alimentos. Asimismo, en Bangladesh evaluaron la absorción de zinc con diferentes combinaciones de dietas enriquecidas en niños no desnutridos, mostrando eficiencia en la absorción, pero con necesidades de cultivares biofortificados con mayores contenidos de zinc y menor contenido de fitatos (Munirul Islam et al., 2013).

De igual manera, en una investigación en Zambia, se demostró que el consumo regular de maíz biofortificado con carotenoides (provitamina A) aumentó la capacidad de respuesta pupilar en niños con deficiencias de vitamina A (Palmer et al., 2016). En frijol fue comprobada la retención de hierro y zinc en distintos procesos de cocción (cocción en olla y cocción en olla a presión), confirmando que el zinc mantiene sus concentraciones en los dos métodos de cocción, sin embargo, el hierro disminuyó su retención. (L. M. J. Carvalho et al., 2012).

Los efectos positivos de la biofortificación en la salud humana son evidentes, y estos complementan otras estrategias de fortificación de alimentos que combaten la deficiencia de macro y micronutrientes en el mundo.



Fuente: Programa Biofortificados.



Aceptabilidad de los agricultores y evidencia científica

En el 2014 líderes mundiales y representantes de estados, reunidos en la Segunda Conferencia Global sobre Biofortificación, determinaron que existe suficiente evidencia científica de la efectividad de los alimentos Biofortificados en la reducción del hambre oculta (BioFORT, 2014; CIAT, 2019).

Una de las evidencias fue la liberación de cultivares biofortificados por HarvestPlus, quienes demostraron que el mejoramiento por selección de genotipos aumenta la concentración de micronutrientes biodisponibles sin disminución de rendimientos o características culinarias (CIAT, 2019).

Asimismo, corroboraron estudios realizados en África donde la aceptación de los agricultores fue la misma, que la de agricultores dispuestos a sembrar cultivos Biofortificados en Colombia. (Biorol et al., 2015; CIAT, 2019; Murekezi et al., 2017).

Así lo indica **Yulay Villegas, agricultora de San Benito Abad, en Sucre:**

“Me parece un arroz muy bueno (Arroz biofortificado Fedearroz BioZn035 con zinc) porque la espiga es muy buena y larga, echa todo el grano y lo llena. Me ha gustado porque es de altura pequeña, y con esto no nos exponemos en temporadas de viento que nos tire el arroz al suelo.”



Fuente: Alliance Bioversity - CIAT.

De igual manera da su testimonio Agustina Carmona, agricultora de Puerto Rey - Cartagena, Bolívar:

“De una cosecha de arroz Biofortificado (Fedearroz BioZn035) hemos obtenido rendimientos que nunca habíamos visto en nuestra comunidad. Aquí hay muchos niños desnutridos y señores de la tercera edad que necesitan de una buena alimentación.”



Fuente: Alimentos Biofortificados. Producción de grano de arroz durante la emergencia alimentaria, ocasionada por la pandemia del Covid-19.



Fuente: Programa Biofortificados.



El viaje de los Biofortificados en Colombia

La implementación de la estrategia alimentaria con Biofortificados en Colombia ha sido ardua y ha requerido la vinculación de muchas entidades y personas.

Hoy les entregamos un poco de historia de la Biofortificación, para dar a conocer los impactos que ha dejado esta labor contra el hambre oculta en el país.

🌿 Años 80

La situación de malnutrición por nutrientes comenzó a presentarse cuando comenzaron los **problemas político-socioeconómicos** a nivel mundial. (FAO, 2022d; FAO et al., 2022a, 2022b).

Los distintos gobiernos, organizaciones, grupos e individuos comenzaron a trabajar juntos para luchar contra el hambre oculta. (FAO, 2022d).

🌿 Años 90

Las Naciones Unidas, apoyada por organismos como la FAO, WHO y UNICEF entre otros, tomaron las riendas ante esta situación de hambre oculta.

Produjeron enormes cambios ideológicos que, con los avances tecnológicos, trajeron consigo el pensamiento nutricional y las respuestas sociales a la crisis (FAO, 2022d).

🌿 Año 2000 y 2001

Las instituciones apuntaron directamente a trabajar por la **reducción significativa de las deficiencias de yodo, hierro, selenio, zinc y vitamina A**, dando comienzo al desarrollo de vías para incrementar la concentración de nutrientes en cultivos a nivel mundial, con el financiamiento de investigaciones en pro de la Biofortificación (S. M. P. Carvalho & Vasconcelos, 2013; CIAT, 2019; FAO & CELAC, 2018).

Steve Beebe, investigador de frijoles en el Centro Internacional para la Agricultura Tropical (CIAT), acuñó el **término "Biofortificación"** a principios de ese año (CIAT, 2019, 2022b).

El CIAT y el Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias (IFPRI) forman una asociación para identificar la financiación y coordinar las actividades de Biofortificación.



Fuente: HarvestPlus América Latina y el Caribe, Campus CIAT, Colombia.



🌿 Años 2005

Inició el proyecto **AgroSalud** en diferentes países de América Latina y el Caribe, entre ellos, Colombia.

AgroSalud fue auspiciado con un importe de US\$ 16.000.000,00 para un período de cinco años por la **Agencia Canadiense de Desarrollo Internacional (CIDA)** (CIAT, 2022b) para la intensificación de los esfuerzos de desarrollo, evaluación, disseminación y promoción de cultivos biofortificados, entre los que se hicieron adelantos en agronomía, nutrición, postcosecha y ciencia social.



Fuente: Programa Biofortificados.

La adopción de cultivos biofortificados por agricultores en países de América Latina y el Caribe, ha demostrado que la biofortificación no es solo una estrategia viable para combatir el hambre oculta, sino también una opción ambientalmente sostenible para la seguridad alimentaria y nutricional.

El programa de Cultivos Biofortificados de la Alianza Bioersity-CIAT lidera actividades en la región con excelencia" Marilia Nuti, Directora para América Latina y el Caribe, 2018-2020.

🌿 Año 2005 al 2011

Entre el periodo de 2005 al 2011, AgroSalud logró importantes avances, algunos de estos fueron la identificación de líneas de cultivos con altos niveles de nutrientes y con características agronómicas superiores.

🌿 Año 2012

HarvestPlus, que trabajaba el tema de la biofortificación en Asia y África, decidió continuar con las actividades de biofortificación en América Latina y el Caribe.

Esto permitió expandir la biofortificación de cultivos en diferentes países latinoamericanos y alinear los proyectos con los que adelantaron en África y Asia.

Durante este tiempo, HarvestPlus dio un significativo apoyo en la entrega de semillas, la capacitación de agricultores, el mejoramiento de cultivos y alimentos de la canasta básica con productos biofortificados, y muchos más procesos de postcosecha que permitieron una considerable mejora en la erradicación del hambre oculta en Colombia.

🌿 Año 2016

Se realiza la liberación de las dos primeras variedades de frijol biofortificado BIO-101 y BIO-107 con alto contenido de hierro (83 ppm) y zinc (44 ppm). Esto fue logrado gracias al trabajo desarrollado entre HarvestPlus, el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y la Federación Nacional de Cultivadores de Cereales (Fenalce).



Fuente: Programa de Biofortificados.

"Queríamos hacer una hamburguesa vegana suave, jugosa y que alimentara mucho. El frijol biofortificado BIO-101 de CIAT fue el ingrediente que mejoró el valor nutricional de nuestra hamburguesa. La hamburguesa fue muy aceptada por nuestros clientes" Actualmente el restaurante, cuenta con 3 productos a base de frijol biofortificado. Leonardo Carrara, fundador del restaurante Dulcinea en Cali-Colombia.

Año 2017

Biofortificados, trabaja de la mano con el Programa Mundial de Alimentos (PMA) para garantizar un mercado sostenible e inclusivo para los cultivos Biofortificados en Colombia.

El programa proporciona la semilla y el apoyo técnico a los agricultores y las comunidades interesadas en producir granos biofortificados y PMA, realiza la compra de las cosechas, bajo su programa Compras para el progreso, P4P.



Fuente: HarvestPlus América Latina y el Caribe. Día de campo con productores de cultivos Biofortificados, Tuluá, Colombia.

Año 2018

Liberación de frijol y maíz Biofortificado:

- Liberación al mercado del **primer frijol voluble biofortificado: BIO-102** con alto contenido de hierro y buena fuente de zinc. Esta variedad es apta para sembrar en zona de cordillera entre 1.600 y 2.200 msnm.
- Liberación al mercado de la **primera variedad de maíz biofortificado: BIOMZn01** con mayor contenido de zinc y mejor rendimiento en toneladas por hectárea (ton/ha). Ello se logró, gracias al trabajo de investigación del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), con el liderazgo y respaldo del programa global HarvestPlus y la colaboración de la empresa semillera vallecaucana Maxisemillas.
- A partir de este año, se desarrolla una campaña de marketing liderada por el programa de **Biofortificados** para promover tanto la adopción de las semillas por parte de los agricultores, como la comercialización en los mercados locales.



Fuente: Programa de Biofortificados.

“Invitar a los consumidores de frijol a que nos compren los productos Biofortificados, son de muy buena calidad, buen sabor, y muy nutritivos”. María Leticia Ramírez, productora de frijol en la vereda La Lejanía, Corregimiento La Moralia, Tuluá, Valle del Cauca.

Año 2019

Liberación de maíz y camote Biofortificado:

Se realiza la liberación al mercado de la **primera variedad de camote biofortificado: Agrosavia Aurora**, excelente fuente de **vitamina A**, adaptada a las condiciones de Caribe seco y húmedo.

Se logran adelantos, gracias al trabajo articulado con Agrosavia.

- Liberación al mercado del **primer híbrido de maíz blanco biofortificado SGBioH2** con alto contenido de **zinc**, 28% más que los maíces comerciales.

Este es el resultado del esfuerzo entre HarvestPlus y el Centro Internacional de Mejoramiento y Trigo (CIMMYT), con apoyo de la Federación Nacional de Cafeteros (FNC) y Semillas Guerrero.



Fuente: Programa Biofortificados, CIAT. Manejo agronómico de cultivos de maíz biofortificado.

Año 2020

El **programa de Biofortificados** continúa con la estrategia de difusión para beneficiar a un mayor número de agricultores en el país, la pandemia ocasionada por el Covid-19 acelera este proceso y solo en ese año se benefician a más de 4.000 familias rurales con semillas de frijol, maíz y arroz biofortificado.

Año 2021

Se libera la **primera variedad de arroz biofortificado: BIOZn035 buena fuente de zinc**. Un esfuerzo liderado por el programa HarvestPlus, el Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agronómica para el Desarrollo (CIRAD), la Alianza de Bioversity International y el CIAT en alianza con la Universidad de Córdoba, la Fundación Canal del Dique – Compas, y la Federación Nacional de Arroceros (FEDEARROZ).



Actualidad

El programa Biofortificados en Colombia cuenta con más de 110 socios, distribuidos en 27 departamentos del país y a la fecha ha capacitado a más de 8 mil personas en temáticas como manejo integrado del cultivo, producción de bioinsumos agrícolas, prácticas de poscosecha, transformación de alimentos y comercialización.

Así mismo, son más de 3.400 hectáreas sembradas con cultivos biofortificados, beneficiando a 60 mil familias rurales con cultivos sembrados y más de 150 mil hogares colombianos, quienes consumen alimentos biofortificados y con sus compras impactan directamente los ingresos de las familias productoras.

Para cumplir con el propósito de beneficiar a un gran porcentaje de la población rural, se diseñó un plan de desarrollo y entrega de productos para los cultivos biofortificados, el cual incluye estrategias de difusión y promoción diferenciada para agricultores y consumidores.

Esta estrategia que en sus inicios se centró en dar a conocer a los productores los beneficios de las semillas biofortificadas, amplió su alcance hasta convertirse en una estrategia de acompañamiento técnico para el fortalecimiento a las familias rurales, donde no solamente se sensibilizan acerca de estas innovaciones en cultivares, sino que también aprenden sobre nuevas técnicas y herramientas para que sus cultivos sean más productivos, y así mismo conocen y aplican estrategias para cerrar las brechas que los alejan de la comercialización directa, favoreciendo las ventas de los excedentes de cosechas o productos transformados, con lo que no solo diversifican su oferta, sino que aumentan sus ingresos.



Fuente: Programa de Biofortificados.

La estrategia de difusión y adopción de nuevas variedades biofortificadas en Colombia



Las estrategias para los agricultores centran su atención en la sensibilización para dar a conocer las nuevas semillas y los beneficios de cultivarlas, como por ejemplo el aumento en la productividad, adaptación a la variabilidad climática y la tolerancia a ciertas plagas o enfermedades.

“Actualmente, en el programa de Biofortificados buscamos el desarrollo de alimentos más nutritivos y ambientalmente sostenibles, con el propósito de aumentar la producción, comercialización y consumo de los mismos. Hacemos un especial énfasis en ampliar el acceso de las familias agricultoras a estas tecnologías, enfatizando en su seguridad alimentaria además de la generación de ingresos en un contexto de agricultura sostenible”. Carolina González, Líder temática del Programa Cultivos Biofortificados de la Alianza Bioversity-CIAT.



Por otra parte, para que el desarrollo de este tipo de estrategias sean exitosas, se vinculan a los jóvenes y las mujeres rurales, quienes son fundamentales para mejorar la calidad de la oferta productiva, la identificación de nuevos mercados y las dinámicas sociales dentro de sus comunidades.

Impacto de los Biofortificados en Colombia



Fuente: Programa de Biofortificados.

Poscosecha de alimentos Biofortificados

Este componente, el cual inició desde el proyecto AgroSalud, busca aumentar las opciones de llegar con los cultivos biofortificados a las poblaciones más vulnerables de las zonas rurales y urbanas, mediante el desarrollo de alimentos procesados, que utilicen los cultivos biofortificados como la materia prima, pero que sean elaborados con tecnologías de procesamiento que no eliminen sus ventajas de mayor contenido nutricional.

En otras palabras, con el procesamiento de los cultivos biofortificados se pueden obtener productos alimenticios de alto valor nutritivo, con los que sea más fácil lograr un consumo masivo y tener un mayor impacto.



Fuente: Programa Biofortificados, CIAT. Calidad de los alimentos biofortificados.

“La calidad de los alimentos implica muchos aspectos relacionados no solo con el sabor, aroma o la apariencia de estos, sino también con su contenido de nutrientes, inocuidad y su costo. En términos generales la calidad se define como el conjunto de características que tiene un producto alimenticio y que busca satisfacer al consumidor”. Sonia Gallego, Investigadora Asociada Sénior Alliance Bioversity-CIAT.



El programa en Colombia promueve los cultivos biofortificados para los agricultores, consumidores y la industria de alimentos, en forma de semillas, materias primas y productos alimenticios, empleando tecnologías y condiciones adecuadas de procesamiento, se elaboran harinas de los cultivos biofortificados de maíz, arroz, frijol, yuca y batata, con los cuales se elaboran productos alimenticios que pueden ser comercializados a bajo costo y/o distribuidos en programas de ayuda alimentaria, y se determinan la concentración y la retención de los minerales y vitaminas presentes en los alimentos listos para el consumo.

También se realizan estudios sensoriales de los cultivos biofortificados y los productos elaborados, mediante pruebas de aceptabilidad y/o preferencia con panelistas semi-entrenados y no entrenados (consumidores).

Los logros y resultados obtenidos en este componente son transferidos en actividades de formación y entrenamiento a los agricultores, con el fin de promover estrategias de valor agregado de sus productos que se conviertan en una ventaja competitiva frente al hecho de comercializar solo productos frescos.



Fuente: Programa Biofortificados. Envueltos de choclo con maíz BIO-MZn01.

Esto, es esencial para aumentar la inclusión en los mercados, buscando producir resultados positivos, no solo con respecto a la generación de ingresos, sino también en la mejora de la situación nutricional y la calidad de vida de los agricultores y sus familias.

Como complemento, también se brinda asesoría a los productores para la aplicación de sistemas básicos de aseguramiento de la calidad, como las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), que garanticen la calidad e inocuidad de los alimentos al disminuir los riesgos en todos los procesos de elaboración y manipulación.

Estos aspectos son indispensables para cumplir con la normatividad legal, con el fin de facilitar su acceso a las cadenas de valor y mejorar la competitividad en los mercados locales, nacionales e internacionales.



Bibliografía

- BioFORT. (2014, April). Investigadores de Embrapa hacen balance de la 2a Conferencia Mundial sobre Biofortificación. Embrapa. <https://biofort.com.br/pesquisadores-da-embrapa-fazem-balano-da-2a-conferencia-global-de-biofortificacao/>
- Birol, E., Meenakshi, J. v., Oparinde, A., Perez, S., & Tomlins, K. (2015). Developing country consumers' acceptance of biofortified foods: a synthesis. *Food Security*, 7(3), 555–568. <https://doi.org/10.1007/S12571-015-0464-7/TABLES/3>
- Bouis, H. E., & Welch, R. M. (2010). Biofortification—A Sustainable Agricultural Strategy for Reducing Micronutrient Malnutrition in the Global South. *Crop Science*, 50, S-20. <https://doi.org/10.2135/CROPSCI2009.09.0531>
- Brnić, M., Wegmüller, R., Melse-Boonstra, A., Stomph, T. J., Zeder, C., Tay, F. M., & Hurrell, R. F. (2016). Zinc Absorption by Adults Is Similar from Intrinsically Labeled Zinc-Biofortified Rice and from Rice Fortified with Labeled Zinc Sulfate. *The Journal of Nutrition*, 146(1), 76–80. <https://doi.org/10.3945/JN.115.213421>
- Carvalho, L. M. J., Corrêa, M. M., Pereira, E. J., Nutti, M. R., Carvalho, J. L. V., Ribeiro, E. M. G., & Freitas, S. C. (2012). Iron and zinc retention in common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) after home cooking. *Food & Nutrition Research*, 56. <https://doi.org/10.3402/FNR.V56I0.15618>
- Carvalho, S. M. P., & Vasconcelos, M. W. (2013). Producing more with less: Strategies and novel technologies for plant-based food biofortification. *Food Research International*, 54(1), 961–971. <https://doi.org/10.1016/J.FOOD-RES.2012.12.021>
- CIAT. (2019, June). Biofortificación: la evidencia científica. Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1–6. <http://lac.harvestplus.org/wp-content/uploads/2019/06/biofortificacion-la-evidencia-cientifica-1.pdf>
- CIAT. (2022a, November 21). Biofortificados. Centro Internacional de Agricultura Tropical. <https://biofortificados.com/conocenos/>
- CIAT. (2022b, November 21). History - HarvestPlus. Centro Internacional de Agricultura Tropical. <https://www.harvestplus.org/about/history/>
- CIAT. (2022c, November 22). Biofortified crops: how to develop. Centro Internacional de Agricultura Tropical. <https://bcr.harvestplus.org/about/howToDevelop>
- FAO. (2015, September 25). Objetivos y metas de desarrollo sostenible - Desarrollo Sostenible. Organización de Las Naciones Unidas Para La Alimentación y La Agricultura. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- FAO. (2018). Los 10 elementos de la agroecología: guía para la transición hacia sistemas alimentarios y agrícolas sostenibles. In Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/3/i9037es/i9037ES.pdf>
- FAO. (2022a, November 21). 2.1.1 Hambre | Objetivos de Desarrollo Sostenible |. <https://www.fao.org/sustainable-development-goals/indicators/211/es/>
- FAO. (2022b, November 21). Colombia en una mirada. Organización de Las Naciones Unidas Para La Alimentación y La Agricultura. <https://www.fao.org/colombia/fao-en-colombia/colombia-en-una-mirada/es/>
- FAO. (2022c, November 21). ¿Qué es el hambre oculta? <https://www.fao.org/about/meetings/icn2/news/news-detail/es/c/265244/>
- FAO. (2022d, November 24). 70 aniversario de la FAO. Organización de Las Naciones Unidas Para La Alimentación y La Agricultura. <https://www.fao.org/70/1975-85/es/>
- FAO. (2022e, November 24). Perfiles de países de la FAO. Organización de Las Naciones Unidas Para La Alimentación y La Agricultura; FAO. <https://doi.org/10.4060/CC2323EN>
- FAO, & CELAC. (2018). Estudio para identificar y analizar experiencias nacionales que fomenten el bienestar nutricional en América Latina y el Caribe. <https://www.fao.org/3/i8901es/i8901ES.pdf>
- FAO, FIDA, OMS, PMA, & UNICEF. (2022a). El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2022. Adaptación de las políticas alimentarias y agrícolas para hacer las dietas saludables más asequibles. <https://www.fao.org/3/cc0639es/cc0639es.pdf>
- FAO, FIDA, OMS, PMA, & UNICEF. (2022b). Versión resumida de El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2022. Adaptación de las políticas alimentarias y agrícolas para hacer las dietas saludables más asequibles. <https://doi.org/10.4060/cc0640es>
- FAO, FIDA, OPS, WFP, & UNICEF. (2020). Panorama de la seguridad alimentaria y nutrición en América Latina y el Caribe 2020. <https://doi.org/10.4060/cb2242es>
- FAO, FIDA, OPS, WFP, & UNICEF. (2021). América Latina y el Caribe - Panorama regional de la seguridad alimentaria y nutricional 2021: estadísticas y tendencias. <https://www.fao.org/3/cb7497es/cb7497es.pdf>

Herrera Chalé, F., Betancur Ancona, D., & Segura Campos, M. R. (2014). Compuestos bioactivos de la dieta con potencial en la prevención de patologías relacionadas con sobrepeso y obesidad; péptidos biológicamente activos. *Nutrición Hospitalaria*, 29(1), 10–20. <https://doi.org/10.3305/nh.2014.29.1.6990>

Hotz, C., Loechl, C., Lubowa, A., Tumwine, J. K., Masawi, G. N., Baingana, R., Carriquiry, A., de Brauw Meenakshi, A., & Gilligan, D. O. (2012). Introduction of β -Carotene-Rich Orange Sweet Potato in Rural Uganda Resulted in Increased Vitamin A Intakes among Children and Women and Improved Vitamin A Status among Children. *The Journal of Nutrition*, 142(10), 1871–1880. <https://doi.org/10.3945/JN.111.151829>

MINSALUD, Instituto Nacional de Salud, Bienestar Familiar, Invima, Universidad Nacional de Colombia, & WFP. (2021). Estrategia nacional para la prevención y control de las deficiencias de micronutrientes en Colombia 2014 - 2021. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital-/RIDE/VS/PP/SNA/Estrategia-nacional-prevencion-control-deficiencia-micronutrientes.pdf>

MINSALUD, Instituto Nacional de Salud, & Universidad Nacional de Colombia. (2015). Encuesta Nacional de la Situación Nutricional-ENSIN 2015. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital-/RIDE/VS/ED/GCFI/ensin-colombia-2018.pdf>

Munirul Islam, M., Woodhouse, L. R., Hossain, M. B., Ahmed, T., Huda, M. N., Ahmed, T., Peerson, J. M., Hotz, C., & Brown, K. H. (2013). Total Zinc Absorption from a Diet Containing either Conventional Rice or Higher-Zinc Rice Does Not Differ among Bangladeshi Preschool Children. *The Journal of Nutrition*, 143(4), 519–525. <https://doi.org/10.3945/JN.112.169169>

Murekezi, A., Oparinde, A., & Birol, E. (2017). Consumer market segments for biofortified iron beans in Rwanda: Evidence from a hedonic testing study. *Food Policy*, 66, 35–49. <https://doi.org/10.1016/J.FOODPOL.2016.11.005>

Palmer, A. C., Healy, K., Barffour, M. A., Siamusantu, W., Chileshe, J., Schulze, K. J., West, K. P., & Labrique, A. B. (2016). Provitamin A Carotenoid-Biofortified Maize Consumption Increases Pupillary Responsiveness among Zambian Children in a Randomized Controlled Trial. *The Journal of Nutrition*, 146(12), 2551–2558. <https://doi.org/10.3945/JN.116.239202>

Penagos, A., Ospina, C., & Castellanos, F. (2020). Una mirada al mercado laboral rural colombiano y un acercamiento a los posibles efectos de la pandemia. https://www.rimisp.org/wp-content/uploads/2020/12/2020_11_30-MERCADO-LABORAL-RURAL-ANALISIS-VF_1-logo.pdf

Valencia, M. (2022, February 6). Inseguridad alimentaria en Colombia: estas son las evidencias. *Razon Pública*. <https://razonpublica.com/inseguridad-alimentaria-colombia-estas-las-evidencias/>