

547

Enero de 2023
Gerencia Técnica /
Programa de Investigación Científica
Fondo Nacional del Café



Maíz y fríjol biofortificados intercalados con café

En un esfuerzo mundial por aumentar la calidad nutricional de los principales cultivos alimentarios, el Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias (IFPRI) creó en 2003 el programa HarvestPlus con el propósito de desarrollar mediante un proceso denominado "Biofortificación", semillas mejoradas de un alto potencial productivo, cuyos contenidos de micronutrientes esenciales como vitamina A, hierro y zinc fueran mayores a los de las semillas tradicionalmente usadas por los agricultores.

Avances Técnicos
Cenicafé





Ciencia, tecnología
e innovación
para la caficultura
colombiana

Autores

Santiago Jaramillo Cardona

Investigador Científico II
<https://orcid.org/0000-0002-3342-995X>

Disciplina de Fitotecnia
Centro Nacional de Investigaciones
de Café - Cenicafé
Manizales, Caldas, Colombia

DOI (Digital Object Identifier)
<https://doi.org/10.38141/10779/0547>

Edición

Sandra Milena Marín López

Fotografías

Archivo Cenicafé

Diagramación

Óscar Jaime Loaiza Echeverri

Imprenta

—

ISSN-0120-0178

ISSN-2145-3691 (En línea)

Los trabajos suscritos por el personal técnico del Centro Nacional de Investigaciones de Café son parte de las investigaciones realizadas por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Sin embargo, tanto en este caso como en el de personas no pertenecientes a este Centro, las ideas emitidas por los autores son de su exclusiva responsabilidad y no expresan necesariamente las opiniones de la Entidad.

Manizales, Caldas, Colombia
Tel. (6) 8500707
www.cenicafe.org

Los cultivos biofortificados son obtenidos mediante técnicas convencionales de mejoramiento genético, cuyo proceso inicia en los bancos de semilla con la identificación y caracterización de los genotipos que presentan naturalmente mayores contenidos de micronutrientes; posteriormente estos se cruzan con variedades de alto potencial de rendimiento y buena adaptabilidad a factores bióticos y abióticos, para así obtener progenies productivas y con calidad nutricional. Esta estrategia que recibió el premio mundial de la alimentación en 2016, ha logrado no solo la adopción de los cultivos biofortificados en más de 30 países, sino que ha llegado a cerca de 40 millones de hogares como una excelente alternativa para combatir la desnutrición y lograr una dieta balanceada más saludable para las familias rurales (HarvestPlus, 2019).

La importancia del zinc en la nutrición humana radica en el papel fundamental que desempeña este microelemento tanto en el fortalecimiento inmunológico como en el desarrollo cognitivo, además su deficiencia acentúa problemas como la diarrea infantil y es un factor de predisposición para enfermedades como la malaria. La deficiencia de zinc prevalece en un tercio de la población mundial y está más acentuada en poblaciones rurales de bajos recursos que tienen poco acceso a alimentos cárnicos. En el caso de Colombia, los datos de la Encuesta Nacional de Situación Nutricional realizada en 2015, muestran que, en el país de cada 100 niños en edades

entre uno y cuatro años, 36 presentaron deficiencia de zinc (36%) (Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, Ministerio de Salud y Protección Social, Instituto Nacional de Salud, & Departamento Administrativo para la Prosperidad Social, 2015), lo que resalta la importancia de aumentar este mineral esencial en la dieta familiar. La ingesta regular de maíz biofortificado con zinc puede suministrar hasta el 70% de las necesidades diarias de este elemento (HarvestPlus, 2020).

Por su parte, el hierro es otro micronutriente esencial para el desarrollo físico y cognitivo de las personas, no sólo porque es el elemento constitutivo de la hemoglobina sino porque su deficiencia está relacionada con problemas de mortalidad materna, parto prematuro, bajo peso al nacer y anemia. En Colombia, los datos de la ENSIN 2015 (Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, Ministerio de Salud y Protección Social, Instituto Nacional de Salud, & Departamento Administrativo para la Prosperidad Social, 2015), muestran que el 24,7% de los niños menores de cinco años presentaron deficiencia de hierro y que una de cada dos gestantes padecía deficiencias de hierro, lo que representa una condición grave desde el punto de vista de vulnerabilidad nutricional en el país. El consumo regular de frijoles biofortificados con hierro previene la deficiencia de este elemento, reduce el sedentarismo y aumenta el desempeño cognitivo relacionado con la memoria y la atención (HarvestPlus, 2020).

Semillas biofortificadas para el sistema intercalado con café

El maíz y el frijol son los principales granos básicos cultivados en las fincas cafeteras para la alimentación de las familias y de los trabajadores que realizan las diversas labores del cultivo de café. Conscientes de la importancia de mejorar el acceso de los caficultores a semillas más productivas y nutritivas de estos dos cultivos, la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (FNC) en el marco de un convenio con HarvestPlus y con el Centro Internacional de Maíz y Trigo (CIMMYT), liberó en 2019 el primer híbrido de maíz blanco biofortificado con zinc (SGBIOH2), adaptado a las condiciones de la zona cafetera colombiana (Figura 1). Este híbrido además de presentar mayores contenidos de zinc que los maíces tradicionales, se destaca por un buen desempeño agronómico en regiones cafeteras ubicadas en altitudes entre los 800 y 1.600 m, donde alcanza producciones entre 7.000-9.000 kg ha⁻¹, con 14% de humedad. Dentro de sus principales atributos agronómicos se resaltan un ciclo de siembra a cosecha entre 145-160 días, tolerancia al volcamiento y al complejo fungoso de la mancha de asfalto, ocasionada por los hongos *Phyllacora maydis*, *Monographella maydis* y *Coniothyrium phyllacorae*, así como un tipo de grano blanco cristalino de buena aceptación comercial.

En la búsqueda de nuevos materiales de frijol arbustivo biofortificado adaptados al sistema intercalado con café a libre exposición solar, Cenicafé en conjunto con el programa de investigación participativa (IPA) de la Gerencia Técnica de la FNC, en marzo de 2020, estableció cinco lotes de observación en la Estación Experimental La Catalina (Risaralda) para evaluar el comportamiento agronómico de la variedad de frijol arbustivo biofortificado con hierro BIO-101, liberada por HarvestPlus en 2019; sin embargo, después de un ciclo de evaluación se concluyó que debido a su hábito de crecimiento indeterminado de zarcillo largo, no era apto para el sistema intercalado, ya que se trepaba a los árboles de café. Con este precedente, Cenicafé estableció en 2020 un acuerdo de cooperación técnica con la Alianza Bioversity-CIAT, para evaluar líneas avanzadas de frijol arbustivo biofortificado con hierro y zinc, de diferentes formatos

de grano, con hábito de crecimiento determinado sin zarcillo, que les permite adaptarse bien al intercalamiento con el cultivo del café (Figuras 2 y 3). Otros atributos agronómicos de estos nuevos materiales incluyen una excelente adaptación a localidades cafeteras ubicadas en altitudes entre los 800-1.800 m, un ciclo de siembra a cosecha entre 75-90 días, resistencia a las principales plagas y enfermedades reportadas en la zona cafetera y un potencial de rendimiento entre 1.500-2.000 kg ha⁻¹. Para garantizar el acceso de los caficultores a estos nuevos materiales, actualmente se están adelantando las Pruebas de Evaluación Agronómica (PEAS) ante el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), requeridas para su liberación comercial y diseminación.



Figura 1. Mazorca del híbrido de maíz blanco biofortificado con zinc (SGBIOH2).

Contenidos de zinc del híbrido de maíz blanco biofortificado (SGBIOH2)

Con el objetivo de determinar los niveles de acumulación de zinc (mg kg⁻¹) de este híbrido biofortificado, se recolectaron aleatoriamente muestras de granos de maíz con 14% de humedad, en cuatro Estaciones Experimentales de Cenicafé



Figura 2. Líneas avanzadas de fríjol arbustivo biofortificado con hierro y zinc.

(Naranjal en Chinchiná-Caldas, La Catalina en Pereira-Risaralda, El Rosario en Venecia-Antioquia y El Tambo en El Tambo-Cauca), que fueron analizadas mediante la técnica de espectrofotometría de rayos X (XRF) en el laboratorio de calidad nutricional en CIAT.

Todas las muestras presentaron niveles más altos de zinc con respecto a las variedades tradicionales y, adicionalmente, el análisis estadístico mostró diferencias significativas de los contenidos de zinc

reportados en la localidad El Rosario en comparación con las demás localidades, alcanzando contenidos promedio de zinc de $40,18 \text{ mg kg}^{-1}$ (Figura 4). Una alta variabilidad de los contenidos de zinc en el grano se puede dar en función de las características particulares de clima y suelos de las diferentes localidades; sin embargo, al relacionar los análisis de suelos de los lotes donde fueron recolectadas las muestras de maíz, se puede observar que la localidad El Rosario presentó los niveles más altos de zinc en el suelo de $13,1 \text{ mg kg}^{-1}$ (Tabla 1).



Figura 3. Hábito de crecimiento determinado sin zarcillo, de líneas avanzadas de fríjol arbustivo biofortificado con hierro y zinc, adaptadas al sistema intercalado con café..

Tabla 1. Propiedades físico-químicas de los suelos en donde se estableció el cultivo de maíz biofortificado con zinc.

	%			cmol ₍₊₎ kg ⁻¹					mg kg ⁻¹						%			Textura	
	pH	N	MO	K	Ca	Mg	Al	CIC	P	Fe	Mn	Zn	Cu	B	S	Ar	L		A
La Catalina	4,6	0,42	10,6	0,53	1,92	0,32	0,9	41	23	168	30	6,1	3,3	0,28	13,6	28	27	45	F.Ar.A
Naranjal	4,5	0,47	12,0	0,18	0,57	0,26	1,1	33	23	150	12	2,6	14,8	0,48	17,9	27	19	55	F.Ar.A
El Rosario	4,2	0,41	10,0	0,25	0,96	0,60	8,0	36	20	294	17	13,1	3,8	0,74	13,8	51	16	34	Ar.
El Tambo	4,0	0,68	20,3	1,01	1,38	0,62	3,8	39	20	188	15	5,4	7,6	0,51	15,1	50	12	37	F.

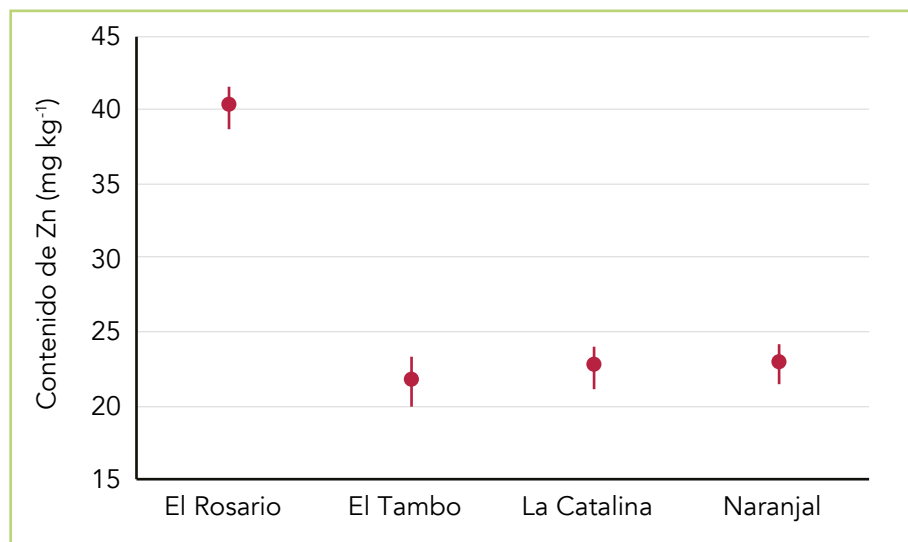


Figura 4. Contenidos promedio de zinc (mg kg⁻¹) en granos de maíz biofortificado en cuatro Estaciones Experimentales de Cenicafé (Intervalos de confianza al 95%).

Contenidos de hierro y zinc de líneas avanzadas de frijol arbustivo biofortificado

Para determinar los contenidos de hierro y zinc presentes en los granos, se recolectaron muestras aleatorias de frijol al 14% de humedad

de cuatro líneas avanzadas y dos testigos comerciales en la Estación Naranjal. Estas muestras fueron analizadas en el laboratorio de calidad nutricional mediante la técnica XRF para determinar los niveles de ambos micronutrientes de cada uno de los materiales.

Al analizar los contenidos de hierro de los diferentes materiales se observaron diferencias estadísticas. Las líneas BNA 4 y BNA 8 presentaron mayores contenidos de este elemento, reportando valores promedio de 68,46 y 65,28 mg kg⁻¹ respectivamente; seguidas de las líneas DAN 15 y BNA 21 cuyos contenidos promedio fueron de

59,64 y 55,63 mg kg⁻¹. Los menores contenidos de hierro se presentaron en los testigos no biofortificados Calima e ICA Quimbaya, con valores promedio de 53,20 y 51,56 mg kg⁻¹ respectivamente (Figura 5).

En cuanto al análisis de los contenidos de zinc, se presentaron diferencias estadísticas entre los

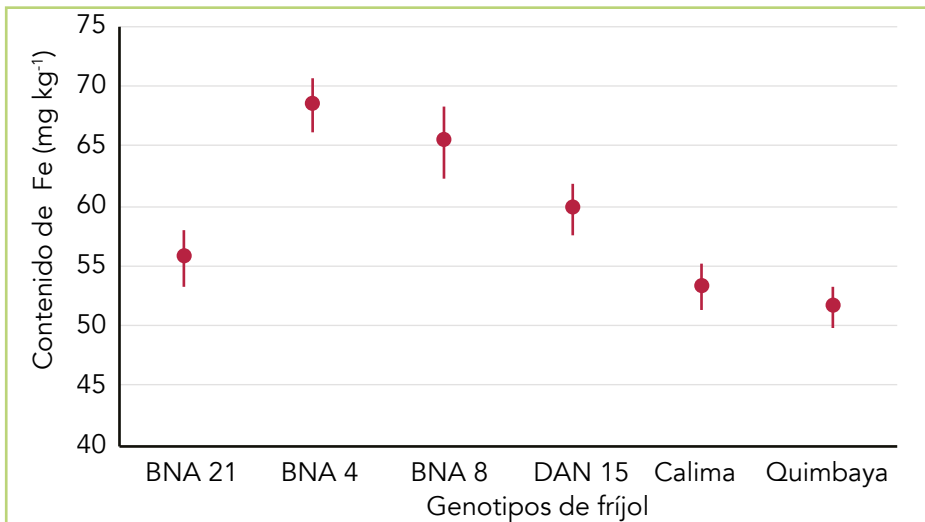


Figura 5. Contenido promedio de hierro (mg kg⁻¹) de cuatro líneas avanzadas de frijol arbustivo biofortificado y dos testigos comerciales sembradas bajo el sistema intercalado con café en la Estación Naranjal (Intervalos de confianza al 95%).

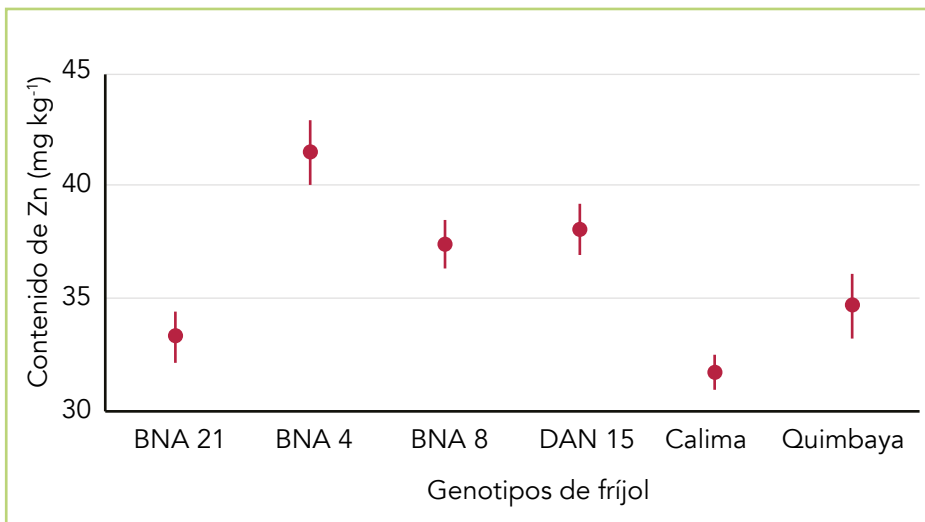


Figura 6. Contenido promedio de zinc (mg kg⁻¹) de cuatro líneas avanzadas de frijol arbustivo biofortificado y dos testigos comerciales sembradas bajo el sistema intercalado con café en la Estación Naranjal (Intervalos de confianza al 95%).

distintos materiales, en donde la línea BNA 4 presentó los mayores contenidos de zinc alcanzando valores promedio de 41,51 mg kg⁻¹, seguido de las líneas DAN 15 y BNA 8 cuyos contenidos fueron 38,05 y 37,46 mg kg⁻¹. Los materiales ICA Quimbaya, BNA 21 y Calima presentaron los menores niveles de acumulación de zinc con valores de 34,64, 33,33 y 31,75 mg kg⁻¹ respectivamente (Figura 6). Los contenidos de hierro y zinc presentes en el suelo del lote donde fue realizada esta evaluación corresponden a 129 y 6,6 mg kg⁻¹ respectivamente (Tabla 2).

Las cantidades de hierro y zinc que son fijadas por las semillas de cultivos como el maíz y el frijol están estrechamente relacionadas con la disponibilidad de estos elementos en los suelos donde se cultivan, así mismo la disponibilidad de estos minerales es influenciada por factores del suelo como el pH, los contenidos de materia orgánica, la aireación, la humedad y por las interacciones con otros elementos (Valença et al., 2017).

Tabla 2. Propiedades físico-químicas de los suelos en donde se evaluaron las líneas avanzadas de frijol arbustivo biofortificado con hierro y zinc.

Localidad	%			cmol ₍₊₎ kg ⁻¹					mg kg ⁻¹					%		Textura		
	pH	N	MO	K	Ca	Mg	Al	CIC	P	Fe	Mn	Zn	Cu	B	Ar		L	A
Naranjal	4,9	0,5	13,2	0,35	1,85	0,58	0,6	29	23	129	27	6,4	4,3	0,01	22	24	54	F.Ar.A



Conclusiones

- Las semillas biofortificadas de maíz y frijol recomendadas por la Federación Nacional de Cafeteros para el sistema intercalado con café han sido seleccionadas en las Estaciones Experimentales de Cenicafé durante varios ciclos de evaluación, con el propósito de garantizar su alto potencial productivo y nutricional en las condiciones propias de la zona cafetera colombiana.
- El consumo regular de maíz y frijol biofortificado suple en gran proporción los requerimientos diarios de zinc y hierro, micronutrientes esenciales para una nutrición balanceada de las familias cafeteras.
- Las condiciones particulares de los suelos cafeteros son propicias para alcanzar una alta calidad nutricional de los cultivos biofortificados intercalados durante la etapa de levante.
- La seguridad alimentaria y nutricional de las familias cafeteras es un componente fundamental de su bienestar, por esta razón los esfuerzos institucionales están encaminados para aumentar el acceso de los caficultores a nuevas semillas biofortificadas de maíz y frijol con excelente adaptación al sistema intercalado con café.
- Los cultivos biofortificados no son organismos transgénicos, ya que han sido desarrollados por métodos convencionales de mejoramiento genético.

Señor Caficultor

El maíz y fríjol biofortificados promocionados por la Federación Nacional de Cafeteros son una excelente alternativa para diversificar la dieta y mejorar la nutrición familiar, además son materiales con un alto potencial de rendimiento que se adaptan bien al sistema intercalado con café durante la etapa de levante.

Agradecimientos

Al Ingeniero Jairo Arcos Jaramillo de HarvestPlus por sus valiosos conocimientos y aportes. A la disciplina de Experimentación de Cenicafé por su permanente apoyo en las Estaciones Experimentales durante el desarrollo de estas investigaciones.

Literatura citada

HarvestPlus; and Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO). 2019. Biofortification: A food-systems solution to help end hidden hunger. Washington, DC: HarvestPlus.

HarvestPlus. 2020. Getting biofortified food on everyone's plate: HarvestPlus 2019 annual report. HarvestPlus Annual Report 9. Washington, DC: International Food Policy Research Institute (IFPRI). <http://ebrary.ifpri.org/cdm/ref/collection/p15738coll2/id/133723>

Encuesta Nacional de la Situación Nutricional ENSIN 2015. Ministerio de Salud, Departamento para la Prosperidad Social y ICBF. Disponible en: <https://www.icbf.gov.co/bienestar/nutricion/encuesta-nacional-situacion-nutricional>

A.W. de Valença, A. Bake, I.D. Brouwer, K.E. Gillier (2017) Agronomic biofortification of crops to fight hidden hunger in sub-Saharan Africa. *Global Food Security*, Vol. 12, p8-14. ISSN 2211-9124. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2016.12.001>.

Instituto Colombiano de Bienestar Familiar. (s/f). *ENSIN 2015: Encuesta Nacional de Situación Nutricional*. <https://www.icbf.gov.co/bienestar/nutricion/encuesta-nacional-situacion-nutricional>

