

# FEDEARROZ BIOZn035, PRIMERA VARIEDAD DE ARROZ BIOFORTIFICADO LIBERADA EN COLOMBIA.

## Autores:

*Jairo Antonio Arcos Jaramillo<sup>1</sup>, Jaime Borrero<sup>1</sup>, Hermes Aramendiz Tatis<sup>2</sup>, Enrique Saavedra<sup>3</sup> Cristo Rafael Perez<sup>3</sup>, Natalia Espinosa<sup>3</sup>, Sonia Gallego<sup>1</sup>, Cecile Grenier<sup>4</sup>, Maria Eugenia Rolon<sup>5</sup>*

<sup>1</sup> HarvestPlus – Alianza de Bioversity International y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), <sup>2</sup> Universidad de Córdoba, <sup>3</sup> Federación nacional de arroceros (FEDEARROZ), <sup>4</sup> Centro de cooperación internacional en investigación agronómica para el desarrollo (CIRAD), <sup>5</sup> Fundación Promotora Canal del Dique – COMPAS

## LA BIOFORTIFICACIÓN Y SU IMPORTANCIA EN LA ALIMENTACIÓN HUMANA

Según la FAO, las deficiencias de micronutrientes alrededor del mundo constituyen uno de los grandes problemas en la nutrición humana y son ocasionadas por la falta de acceso de alimentos básicos con altos contenidos de vitaminas y minerales, afectando al 30% de la población por la deficiencia de zinc. Este es un problema a nivel mundial, conocido

como “hambre oculta” y se estima que no solamente afecta a los individuos que viven en situación de escasez de comida, sino también a los que consumen alimentos de baja calidad nutricional (1). Colombia no está exento de este problema, el 43% de la población infantil en Colombia, entre 1 y 4 años, sufre de deficiencia de Zinc y el 62% de bebés de entre 6 y 11 meses de nacidos tiene

anemia, según los resultados de la Encuesta Nacional de la Situación Nutricional en Colombia, presentada por el Gobierno nacional en noviembre del 2015. En algunas zonas del país, el problema es aún más grave, la región caribe colombiana cuenta con un 12,5% de niños menores de cinco años afectados por la deficiencia de zinc (2).

- Para solucionar este problema existen diferentes estrategias de interés global. Una de ellas es conocida como “biofortificación” la cual se refiere al proceso de aumentar deliberadamente el contenido de un micronutriente esencial, es decir, vitaminas y minerales en varios cultivos que contribuyen a la alimentación básica humana, a través de mejoramiento convencional, prácticas agronómicas y el uso de biotecnología. (1,3, 5, 6,7).

HarvestPlus líder global del proceso de biofortificación, es una organización multidisciplinaria y multiinstitucional, del Grupo Consultivo sobre Investigación Agrícola Internacional (CGIAR). Fundado por la cooperación entre el Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias (IFPRI) -centro donde se coordinan las actividades- y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), hoy en día conocido como la Alianza CIAT-Bioversity. El trabajo en biofortificación se realiza en los CGIAR más importantes del mundo, como lo son además de la Alianza CIAT-Bioversity e IFPRI, el Centro Internacional del Maíz y el Trigo (CIMMYT) en México, el Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IITA) en Nigeria, El Instituto Internacional de Investigación de Cultivos para los Trópicos Semiáridos (ICRISAT) en India. Además de colaboraciones directas con El Centro Internacional de Investigación Agrícola en las Zonas Secas (ICARDA) y el Instituto Internacional de Investigación del Arroz (IRRI) en Filipinas.



Aprovechando el liderazgo en el desarrollo de cultivos alimentarios de los centros CGIAR, HarvestPlus ha generado colaboraciones de larga data con más de 150 socios entre privados, públicos y ONG a nivel global (1,3, 5, 6,7). Dentro de los cuales se encuentra el grupo de trabajo encargado de desarrollar, evaluar y liberar la primera variedad de arroz biofortificado de Colombia, este grupo está conformado por la alianza entre la Federación Nacional de Arroceros - Fondo Nacional del Arroz (FEDEARROZ-FNA), Universidad de Córdoba, Fundación Canal del Dique – COMPAS, Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agronómica para el Desarrollo (CIRAD) y la Alianza CIAT-Bioversity. Todos los integrantes de este proyecto se unieron en un esfuerzo mancomunado y ambicioso, el de mejorar la calidad nutricional del cultivo del arroz, uno de los cultivos más importantes de la canasta básica familiar de Colombia, aumentando los contenidos de zinc en el grano de arroz.



## LOS CULTIVOS BIOFORTIFICADOS EN EL MUNDO Y SU OBTENCIÓN

A la fecha las alianzas generadas por HarvestPlus han logrado promover la liberación de más de 300 cultivares de diferentes cultivos en 41 países (Figura 1). HarvestPlus se enfoca en tres micronutrientes: hierro (Fe), zinc (Zn) y vitamina A (1,3). Los nutricionistas son los primeros del equipo multidisciplinario en comenzar a trabajar en el proceso de biofortificación; ellos determinan los niveles objetivo de estos micronutrientes importantes que son necesarios para tener un impacto medible en el cuerpo humano, analizan variables como la bioconversión y la biodisponibilidad de nutrientes ingeridos. También, estiman las pérdidas de micronutrientes durante el almacenamiento y procesamiento; los requerimientos de micronutrientes para una buena salud y los niveles potenciales de consumo por parte de la población objetivo (1,3, 5, 6,7).



Figura 1. En 2020, HarvestPlus apoyó el lanzamiento de 23 variedades de 7 cultivos biofortificados en 9 países. Desde 2004 y hasta 2020, HarvestPlus y el Centro Internacional de la Papa (CIP) han apoyado el lanzamiento de más de 393 variedades (de 12 cultivos biofortificados) en 41 países.

Mejorar el contenido nutricional es diferente para vitaminas y minerales. Las vitaminas se producen principalmente por síntesis natural de las plantas, son altamente heredables y tienen una baja interacción con el medio ambiente y el manejo del cultivo. En el caso de los minerales (hierro y zinc), su acumulación está influenciada por la interacción de la planta con el ambiente y el manejo agronómico interviene en la absorción de estos micronutrientes disponibles en el suelo y son moderadamente heredables. Es por esto, que es indispensable la cooperación técnica de personas e instituciones que puedan contribuir desde el manejo agronómico de los cultivos en cada región que se desea intervenir. (1, 3) (Figura 2)

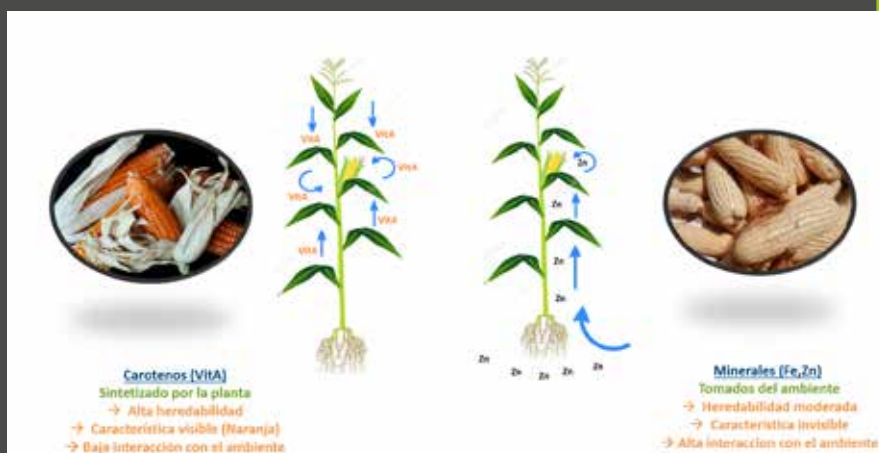


Figura 2. Diferencias entre el proceso de biofortificación para minerales y vitaminas.

## LA IMPORTANCIA DE PRODUCIR ARROZ CON ALTO CONTENIDO DE ZINC



Un grupo de científicos apoyados por HarvestPlus, ha logrado encontrar que el zinc se encuentra distribuido en los granos de arroz por todo el endospermo. Por lo tanto, las estimaciones de zinc en el arroz varían si se evalúan en semilla de arroz paddy, arroz integral o arroz blanco entero. Generalmente el proceso de molinería en arroz paddy, genera pérdida en un 20% de zinc en el grano luego de esta actividad; el arroz integral por su parte al ser sometido al proceso de pulido genera una pérdida del 8- 12% de zinc (1,3) (Figura 3).

Figura 3. Pérdidas del contenido de zinc en el proceso de molinería en el grano de arroz.

Con base en estos estudios, se logró establecer una línea base en contenido de Zinc para arroz blanco entero a nivel global, de 16 mg/kg (ppm) y establecer además el objetivo de mejoramiento para este mineral en 28 mg/kg (ppm), dado que estas concentraciones en arroz blanco entero pueden proporcionar un aporte nutricional de zinc del 30% adicional en el ser humano, si se compara con variedades de arroz no biofortificadas. Generando un impacto positivo en el estado nutricional de los consumidores, manteniendo el correcto funcionamiento del sistema inmunológico, promoviendo un óptimo desarrollo físico y mental en niños y previniendo problemas como infecciones recurrentes, alopecia, acné y mala cicatrización (3). Es por estas razones que desde la organización HarvestPlus, se reconoce como cultivo biofortificado a cualquier variedad de arroz que supere la barrera de los 22 mg/kg de zinc (3).

Como se menciona anteriormente, el contenido de zinc en el grano está influenciado por factores ambientales como el contenido de zinc en el suelo, la temperatura de suelo, el estrés hídrico de la planta, el pH del suelo e incluso el contenido de fósforo en el suelo. Es por ello, que las pruebas en múltiples ambientes son la base de la biofortificación en arroz, permitiendo conocer el comportamiento de una variedad en diferentes ambientes y controlar de manera adecuada todos estos factores para mantener el alto contenido nutricional.

## IMPLEMENTACIÓN DE LA BIOFORTIFICACIÓN COMPLEMENTANDO OTRAS ESTRATEGIAS NUTRICIONALES

La biofortificación por sí sola, puede generar impactos positivos en la salud de los consumidores. No obstante, una de sus mayores virtudes, es su capacidad para acoplarse a las estrategias existentes para la mitigación del hambre oculta. La obtención de variedades modernas permite aumentar la diversificación de una dieta balanceada aportando cultivos de la canasta básica familiar más nutritivos que los consumidos de manera

convencional. Así mismo, permite mejorar la calidad de la dieta, en personas que se encuentren sometidos a un plan de suplementación médica. Además, tiene la capacidad de integrarse a los procesos de fortificación industrial, permitiendo por ejemplo emplear arroz con altos contenidos de zinc, en procesos de fortificación industrial con calcio y hierro, obteniendo un aporte nutricional costo-efectivo con esta estrategia. (1, 3) (Figura 4.) Figura

## Estrategia de mitigación del hambre oculta

Suplementación

Fortificación



Diversificación  
de la dieta

Biofortificación

4. La biofortificación es una estrategia complementaria a otras intervenciones que buscan mejorar el estado nutricional de la población mundial.

### ZONAS PRIORIZADAS PARA EL PROYECTO DE BIOFORTIFICACIÓN EN COLOMBIA

HarvestPlus, mediante el desarrollo de la herramienta “Índice priorización para biofortificación - BPI” ha logrado clasificar a los diferentes departamentos de Colombia para la intervención con la estrategia de biofortificación para Vitamina A, Hierro y Zinc con el objetivo de reducir los altos índices de hambre oculta. Para la intervención con arroz biofortificado con Zinc (Figura 5), el BPI toma en cuenta diferentes factores como las deficiencias nutricionales reportadas por el gobierno, el consumo per cápita del cultivo a trabajar, entre otros factores. Las zonas diferenciadas con el color rojo representan las zonas de mayor prioridad para ser intervenidas con la biofortificación, destacando para el caso de biofortificación con variedades de altos contenidos de zinc la mayoría de los departamentos de la región Caribe de Colombia.

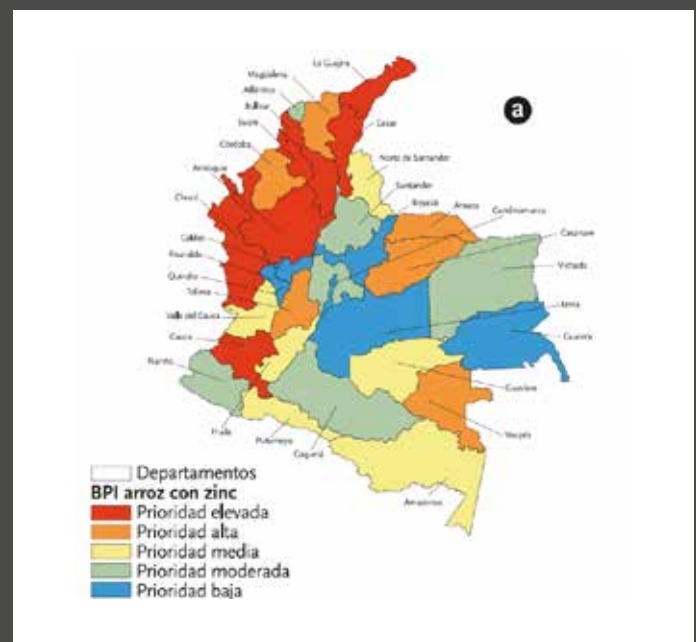


Figura 5. Índice priorización para biofortificación – BPI. Las zonas diferenciadas con el color rojo, representan las zonas de mayor prioridad para intervención con la biofortificación, dados los altos índices de deficiencias nutricionales con Zinc en esas zonas y las actividades relacionadas con el cultivo del arroz en estas zonas.



Colombia busca diferentes estrategias para dar solución a esta problemática de interés global, entre ellas la inclusión de la biofortificación en su plan de trabajo en diferentes cultivos de la canasta básica familiar. Dada la alta relevancia del cultivo de arroz en la economía nacional y la dieta de los colombianos en todas las regiones del país, esta es una gran oportunidad de contribuir a la adecuada nutrición de la población con un excelente producto, el cultivo del arroz biofortificado con Zn. El impacto de esta estrategia adquiere mayor relevancia, teniendo en cuenta que el consumo per cápita de arroz en Colombia es de 39 kilos según el DANE, e incluso de 44,2 kilos en el sector rural. Y En la región Caribe, zona prioritaria para elevar la ingesta de zinc, el consumo de arroz se encuentra entre 60 y 70 kilos de arroz per cápita (4).

Teniendo en cuenta todos estos factores, HarvestPlus planteó realizar una alianza interdisciplinaria de instituciones científicas, gremiales y gubernamentales, buscando el apoyo técnico de personas e instituciones que puedan aportar el manejo agronómico de los cultivos, el procesamiento adecuado del arroz y garantizar un mercado para las zonas rurales y urbanas de la región Caribe de la nueva variedad de arroz biofortificada. El objetivo del proyecto fue obtener la primera variedad de arroz biofortificado con Zn en Colombia, para beneficio de las poblaciones vulnerables, contribuyendo a reducir los indicadores de hambre oculta generados por la deficiencia de zinc para la región Caribe Húmedo.

### **OBTENCIÓN DE LA PRIMERA VARIEDAD DE ARROZ BIOFORTIFICADO EN COLOMBIA.**

Este proyecto tiene un origen netamente social, fue en el año 2016 cuando la Fundación Canal del Dique – COMPAS, se acercó a los programas de mejoramiento de arroz de la Alianza CIAT – Bioversity y CIRAD, con la ambición de poder contribuir al fortalecimiento de la seguridad alimentaria a través de la selección de variedades de arroz biofortificadas que tuvieran mayor adaptación y mayor aceptación por los productores y consumidores de la región bajo las condiciones agroecológicas del Canal del Dique, el cual forma parte de la región productora conocida como “Subregión caribe húmedo”.

El Canal del Dique es una bifurcación artificial del río Magdalena en la región Caribe de Colombia que fue construido para facilitar la navegación entre el río y la ciudad de Cartagena de las Indias. El canal tiene una longitud de 115 kilómetros, se desprende del río Magdalena a la altura de Calamar y desemboca en la

bahía de Cartagena. La extensión total de la subregión del Canal del Dique y su zona de influencia costera es de 5.454 km<sup>2</sup>, los municipios que corresponden al departamento de Bolívar son los que mayor superficie abarcan (61%). Por su parte, los municipios del departamento del Atlántico aportan el 39% de la extensión total. La zona de influencia costera posee potencialidades económicas para el desarrollo principalmente de la agricultura, la pesca y la ganadería, pues tienen –en mayor medida- vocaciones del suelo aptas para cultivos agrícolas.

Bajo estas condiciones, se realizaron ensayos de observación de los candidatos de arroz biofortificado en cinco localidades en 2016 y 2017. Durante este proyecto, otros actores se involucraron en el apoyo logístico y operativo como la Armada Nacional de Colombia o el SENA -regional Bolívar, los cuales aportaron enormemente en la logística y supervisión técnica, logrando incluso consolidar una asociación conocida como “Asociación de pequeños productores agrícolas del canal del dique”, los cuales dedicaron su espacio y tiempo para seleccionar los mejores materiales de arroz con la intención de obtener una nueva variedad comercial (Figura 6).



*Figura 6. Día de campo en el año 2017, en la comunidad de Leticia – Bolívar, por parte de la Alianza CIAT-Bioversity, SENA Regional Bolívar, Armada Nacional de Colombia y la Fundación Canal del Dique - COMPAS a los ensayos de observación de los candidatos de arroz biofortificado en cinco localidades en 2016 y 2017.*

Fue en el 2018, cuando la Fundación Canal del Dique – COMPAS, se acercó nuevamente con estos resultados al programa HarvestPlus y a la Universidad de Córdoba, con la determinación de generar una alianza que permitiera cumplir el deseo de un pequeño grupo de agricultores del

canal del dique, liberar una variedad comercial que se adaptara a sus condiciones productivas. El reto era grande dadas las condiciones, pero no era imposible. Fue en ese entonces, cuando esta alianza se fortalece con la vinculación de FEDEARROZ, presentando la idea de biofortificación de cultivos, pero sobre todo el esfuerzo de este grupo de agricultores convencidos de que su trabajo tenía un potencial no solo para 115 kilómetros que comprenden el canal del dique y sus municipios aledaños, sino que era una propuesta innovadora para mejorar la calidad de vida de la población de la sub región Caribe Húmedo de Colombia.

Fue así como entre los años 2018 y 2020, que esta alianza entre genetistas, nutricionistas, pequeños agricultores, profesores, estudiantes, técnicos y agrónomos logró establecer las pruebas de evaluación agronómica (PEAS) y pruebas semi comerciales (PSC) exigidas por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) para el registro comercial del primer arroz biofortificado con zinc de Colombia con mejor calidad agronómica, molinera y culinaria bajo las condiciones climáticas de la región Caribe Húmedo de Colombia. En total fueron establecidas ocho pruebas en los departamentos de Córdoba, Sucre y Bolívar como parte de las PEAS y cuatro pruebas semi comerciales en los mismos departamentos. (Figuras 7, 8, 9 y 10)



*Figura 7. Multiplicación de semilla básica de la variedad Fedearroz BioZn 035 en, CIAT – Palmira. Para ser liberada en la región Caribe. Actividad coordinada por los investigadores del CIAT-HarvestPlus Jaime Borrero y Jairo Arcos.*



*Figura 8. Día de campo San Benito Abad, Sucre a PEAS, 2019 coordinado por el Ing. Enrique Saavedra de Fedearroz-FNA con comunidades en las pruebas de evaluación agronómica realizada por Fedearroz-FNA en la región.*



*Figura 9. Visita técnica en la Universidad de Córdoba, 2019: Visita técnica coordinada por el profesor Hermes Aramendiz a las PEAS ejecutadas por la Universidad de Córdoba.*



*Figura 10. Visita técnica en el Centro Experimental La Victoria – Córdoba, 2019: coordinada por el Ing. Cristo Rafael Pérez a las PEAS ejecutadas por FEDEARROZ-FNA.*

## CARACTERÍSTICAS MÁS RELEVANTES DE FEDEARROZ BIOZN35 EN EL CARIBE HÚMEDO COLOMBIANO

El proceso de evaluación permitió identificar a un candidato con potencial agronómico al tolerar las principales plagas y enfermedades de la región, con un potencial productivo óptimo, logrando rendimientos superiores a las 5 ton/ha, con calidad industrial al mostrar rendimientos de molinería superiores al 60% y además con calidad culinaria al tener contenidos de amilosa superiores a 32% (Figura 11).

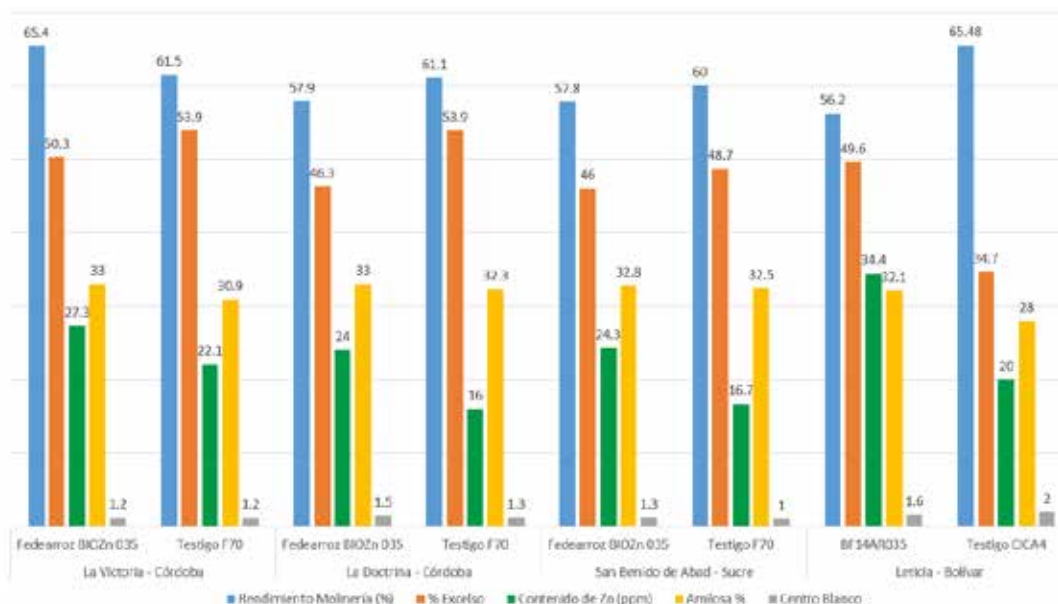


Figura 11. Calidad molinera, culinaria y nutricional de Fedearroz BIOZn035 (BF14AR035) y testigo comercial Fedearroz 70 y CICA 4 en Prueba Semicomercial

La aceptación por parte de los consumidores fue validada durante el proceso de selección del material, mediante pruebas sensoriales empleando los consumidores de la región Caribe en las instalaciones del SENA regional Bolívar en Ternera, Provincia de Cartagena, Bolívar. Estas pruebas, tenían el objetivo de evaluar la aceptación sensorial de dos variedades de arroz biofortificado con zinc y una variedad de control local entre 180 adultos, empleando encuestas de aceptación en una escala hedónica (3 Puntos= Gusto, 1 Punto = Neutro, -3 Disgusto) (Figuras 12 y 13). Estas pruebas lograron identificar a un material con mayor aceptación del consumidor y además se identificó que este material presentó aspectos muy sobresalientes de apariencia de grano como, tamaño de grano más grande (relación largo/ ancho  $L/a = 2.97$ ), un menor centro blanco y un contenido de amilosa superior comparada con las otras dos variedades lo que confiere una excelente cocción de acuerdo a la exigencia de la población objetivo (8).



Figura 12. Pruebas Sensoriales de arroces biofortificados ejecutadas por el SENA Ternera – Departamento de Bolívar. Actividad coordinada por los investigadores de HarvestPlus Sonia Gallego, Daniel Alvarez y Bo Jane Woods de la Universidad de Wageningen.





Figura 13. Pruebas Sensoriales de arroces biofortificados ejecutadas por el SENA Ternera – Departamento de Bolívar. Actividad coordinada por los investigadores de HarvestPlus Sonia Gallego, Daniel Álvarez y Bo Jane Woods de la Universidad de Wageningen.

Fue de esta forma que la alianza interinstitucional vinculada con esta iniciativa solicitó al ICA concepto favorable para la línea nombrada como “Fedearroz BIOZn035” por su rendimiento competitivo, sanidad vegetal, aceptación fenotípica, calidad molinera, aceptación sensorial y principalmente valor nutricional como variedad de arroz biofortificado para proceder a su Registro Nacional de Cultivares Comerciales para su siembra en el Caribe Húmedo Colombiano.

En resumen, la variedad biofortificada de arroz Fedearroz BioZn035 se caracteriza por su grano largo, alto índice de blancura y calidad molinera. Tiene un alto contenido de amilosa, lo cual se evidencia en granos que después de la cocción, en su mayoría son sueltos y de textura consistente a dura. Una porción de 100g de arroz Fedearroz BioZn035 contiene hasta 2.4 mg de zinc y puede ser considerada como “buena fuente” de zinc aportando, más del 10% del VRN o Valor de Referencia Nutricional, establecido para el micronutriente Zinc, de la Resolución No. 810 de 2021

del Ministerio de Salud del Gobierno de Colombia. Un consumo diario per cápita de 112g de arroz biofortificado<sup>1</sup> (aprox. media taza de arroz cocido), aportaría hasta 1.5 veces más zinc que un arroz comercial no biofortificado.

Esta nueva variedad en la región del Caribe Húmedo presenta un ciclo de cultivo entre 112 y 120 días y para su manejo agronómico se recomienda en primer lugar sembrarla bajo alguno de los sistemas productivos predominantes en la zona: el sistema de riego tecnificado (noviembre a diciembre), de secano o mecanizado favorecido (abril y agosto). En caso de hacer siembra directa emplear 120 kg/ha de semilla para establecer una densidad de plantas mínima de 250 plantas/m<sup>2</sup>. Al sembrar al voleo, utilizar una densidad de siembra de 120 kg/ha de semilla pregerminada. Y al realizar trasplante utilizar 30 kg/ha en semillero y trasplantar a una distancia de 30 cm entre surcos y 30 cm entre plantas, para una densidad de plantas de 90 plantas/m<sup>2</sup>.

## LOS PRÓXIMOS PASOS EN ARROZ BIOFORTIFICADO EN COLOMBIA

En octubre de 2021, se realizó mediante un seminario virtual, la liberación oficial del material en un evento que presentó las bondades de este material a la comunidad arroceras de Colombia. Así mismo, se tiene planeado desarrollar en los meses posteriores días de campo en las localidades de Montería – Córdoba, San Marcos – Sucre y La Doctrina – Córdoba, con el objetivo de promover la siembra y consumo de la variedad por parte de los agricultores de la región.

Además, se tiene planeado evaluar este material en las condiciones productivas de otras regiones arroceras de Colombia, con el objetivo de ampliar el registro del material a nivel nacional y así ampliar el beneficio de su cultivo a una mayor población en el país. Se sumarán a estos esfuerzos la colaboración directa de los equipos de mejoramiento de FEDEARROZ y la Alianza CIAT-Bioversity, con el objetivo de que este sea solo el primer paso de muchos más que permitan desarrollar nuevos cultivares de arroz biofortificado para los colombianos. Pero, sobre todo, se espera que este tipo de proyectos ayuden a demostrar cuán resilientes, sostenibles y rentables pueden ser las intervenciones agrícolas para mejorar la nutrición y la salud desde el agro colombiano.

Agradecimientos: Los autores agradecen la colaboración del SENA – Regional Bolívar, por su acompañamiento en las parcelas en Cartagena y en la prueba sensorial que se realizó en Cartagena. Y a la Armada de la República de Colombia por su apoyo en la logística del transporte de insumos y visitas en todo el canal del dique.

## BIBLIOGRAFÍA:

1. Council for Agricultural Science and Technology (CAST). 2020. Food Biofortification—Reaping the Benefits of Science to Overcome Hidden Hunger—A paper in the series on The Need for Agricultural Innovation to Sustainably Feed the World by 2050. Issue Paper 69. CAST, Ames, Iowa. Link: <https://www.cast-science.org/publication/food-biofortification-reaping-the-benefits-of-science-to-overcome-hidden-hunger/>
2. Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, (ENSIN) Encuesta Nacional de la Situación Nutricional en Colombia, Edición 2015 <https://www.icbf.gov.co/bienestar/nutricion/encuesta-nacional-situacion-nutricional#ensin3>
3. Andersson MS, Saltzman A, Virk PS and WH Pfeiffer. Progress update: crop development of biofortified staple food crops under HarvestPlus | African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development. 2017;17(2). <https://www.ajol.info/index.php/ajfand/article/view/155123>
4. Estadísticas de consumo de arroz en Colombia desde 2000 hasta 2020, Link: <http://www.fedearroz.com.co/new/consumo.php>
5. HarvestPlus. Annual Report: Getting Biofortified Food in Everyone's Plate. 2019. <https://www.harvestplus.org/sites/default/files/HarvestPlus%202019%20Annual%20Report.pdf>
6. HarvestPlus. Biofortification: The Evidence. 2018. <https://www.harvestplus.org/evidence-document>. Consultado Agosto, 2021
7. Hotz C, McClafferty B. From Harvest to Health: Challenges for Developing Biofortified Staple Foods and Determining Their Impact on Micronutrient Status. Food and Nutrition Bulletin. 2007;28(2\_suppl2):S271-S279. doi:10.1177/15648265070282S206 Link: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/15648265070282S206>
8. Woods B-J, Gallego-Castillo S, Talsma EF, Álvarez D (2020) The acceptance of zinc biofortified rice in Latin America: A consumer sensory study and grain quality characterization. PLoS ONE 15(11): e0242202. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0242202>