



Alianza



# Arroz biofortificado-Mejorando la nutrición en América Latina y el Caribe

**Jaime Borrero Correa**

Mejoramiento de arroz  
Alianza Bioversity-CIAT



Bioversity International and the International Center for Tropical Agriculture (CIAT) are CGIAR Research Centers. CGIAR is a global research partnership for a food-secure future.



# Desafío de la agricultura



- **+ 800 millones** de personas desnutridas y hambrientos en todo el mundo ([www.fao.org/hunger/en](http://www.fao.org/hunger/en)).
- **Actual crisis de COVID-19** , el brote de langosta del desierto, enfermedades de plantas, impacto climático y escasez de recursos, amenazan con aumentar el número de personas en todo el mundo que sufren de inseguridad alimentaria.



# Biofortificación

La **biofortificación** busca contribuir a una mejorar la **deficiencia de micronutrientes** o “**hambre oculta**”

*Hambre oculta, o las deficiencias de micronutrientes, se produce cuando consumimos alimentos que **NO** aportan los requerimientos nutricionales necesarios, para un crecimiento y desarrollo adecuado.*



Foto: Julio César Herrera / EL TIEMPO  
Indígenas de Carmen de Darién, en Chocó, donde los casos de desnutrición alcanzan al 16 por ciento.

+



Foto: Semana Sostenible Foto: Archivo particular

No solo afecta a los **individuos** que viven en situación de escasez de comida, sino también a los que consumen alimentos en exceso.

**+2 mil millones afectados (30% de la población mundial)**



# Estrategias para combatir la deficiencia de nutrientes

## Diversidad de la dieta



Consumo de diferentes fuentes de alimentos en cantidad adecuada y con buena biodisponibilidad.

## Suplementación



Suministro medicamentos a quien lo necesite.

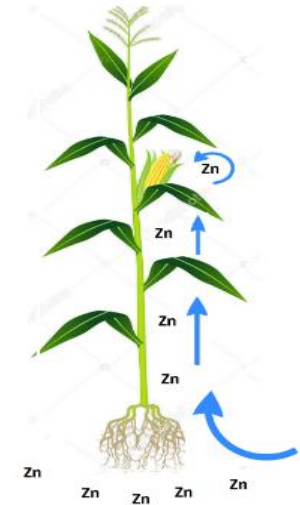
## Fortificación



+Fe  
+I  
+Fe

Adición de nutrientes a los alimentos estratégicos de consumo, durante el procesamiento industrial.

## Biofortificación



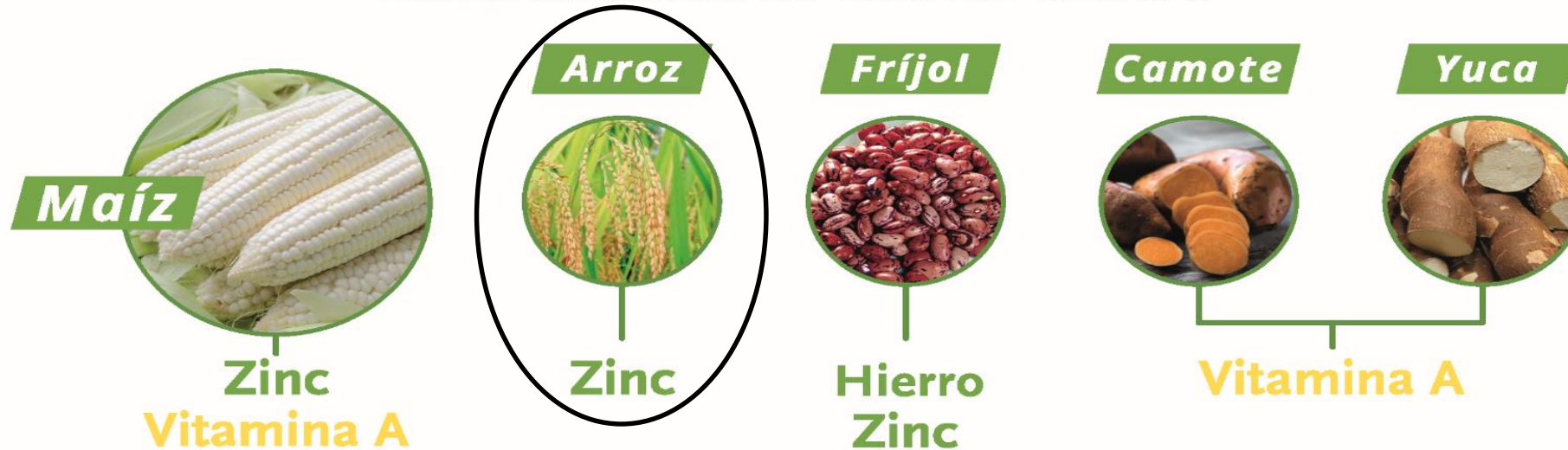
Logar que las plantas acumulen más vitaminas y minerales en sus granos y partes comestibles mientras crecen.

Se entregan los beneficios nutricionales que vienen del cultivo, cosecha tras cosecha, sin costo adicional.



# Cultivos y nutrientes

## ESTRATEGIA HARVESTPLUS: Biofortificación de cultivos básicos



Micronutriente	Criterio	Frijol ppm	Arroz ppm	Maiz ppm	Yuca ppm	Camote ppm
Hierro (Fe)	Linea base	50				
	Meta	94				
Zinc (Zn)	Linea base	32	16	25		
	Meta	49	28	37		
Vitamina A (PVA)	Linea base			0	0	2
	Meta			15	15	70



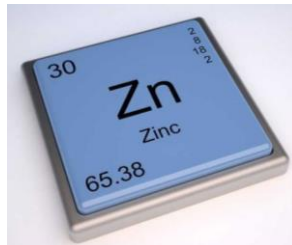


# Importancia del zinc en la salud humana



## Deficiencia de zinc provoca :

- Retraso en el desarrollo físico y mental de niños.
- Debilitamiento del sistema inmunológico.
- Infecciones recurrentes : Diarrea, alergias.
- Alopecia, acné, salpullido, mala cicatrización, pérdida del gusto y olfato.



Las cantidades promedio diarias de zinc, expresadas en miligramos (mg).

Etapa de la vida	Cantidad recomendada
Bebés hasta los 6 meses de edad	2 mg
Bebés de 7 a 12 meses de edad	3 mg
Niños de 1 a 3 años de edad	3 mg
Niños de 4 a 8 años de edad	5 mg
Niños de 9 a 13 años de edad	8 mg
Adolescentes (varones) de 14 a 18 años de edad	11 mg
Adolescentes (niñas) de 14 a 18 años de edad	9 mg
Adultos (hombres)	11 mg
Adultos (mujeres)	8 mg
Adolescentes embarazadas	12 mg
Mujeres embarazadas	11 mg
Adolescentes en período de lactancia	13 mg
Mujeres en período de lactancia	12 mg

<http://ods.od.nih.gov/HealthInformation/RecursosEnEspañol.aspx>.

Última actualización: 18 de diciembre de 2019



# Los objetivos del proyecto de biofortificación del arroz



## Agricultor

- Alto rendimiento
- Resistencia a plagas
- Tolerancia a estreses



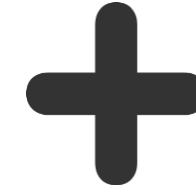
## Consumidor

- Tamaño de grano
- Textura, blancura, ...
- Tiempo de cocción

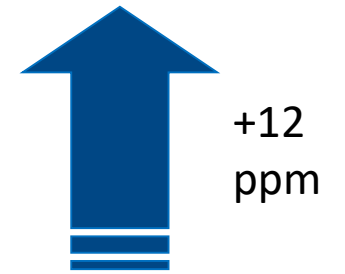


## Industria

- Calidad molinera / índice de pilada
- Centro blanco
- Propiedades de empastamiento



**Zinc**  
28 ppm

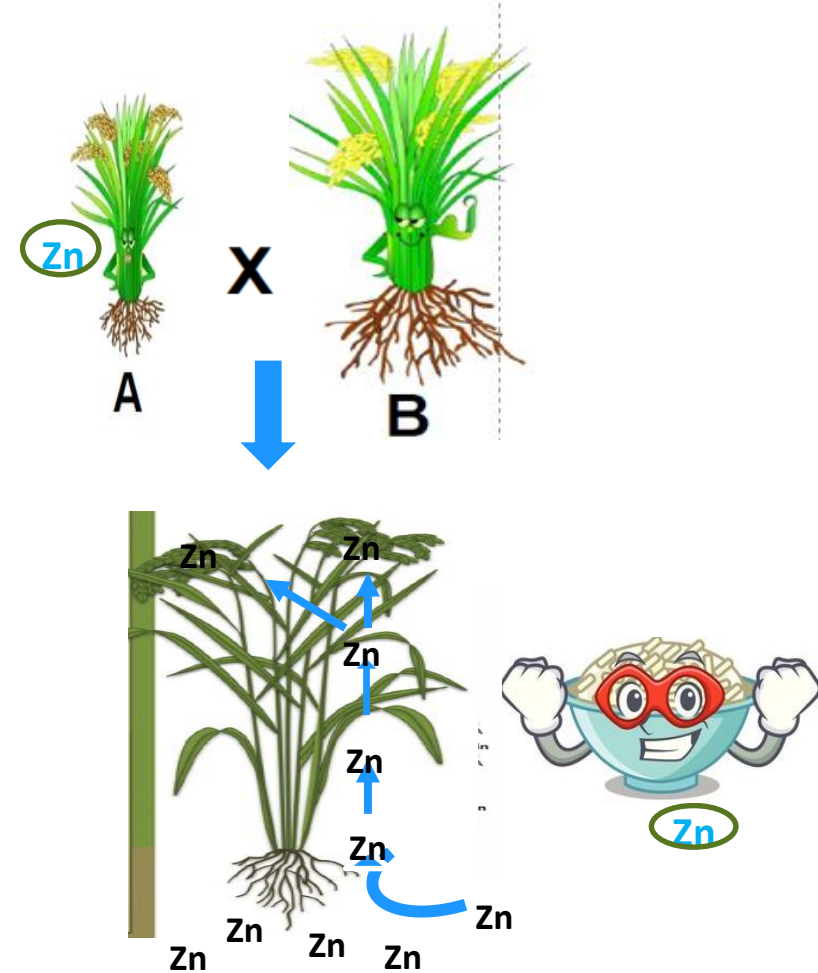
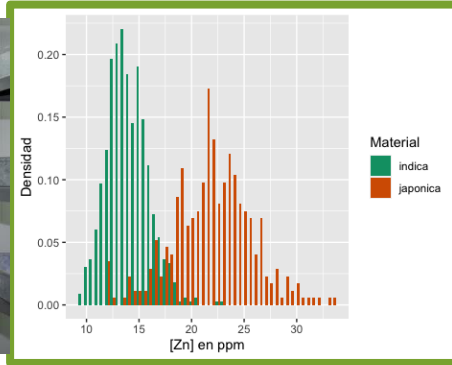


16 ppm  
(línea base)





# ¿Cómo lo hacemos?



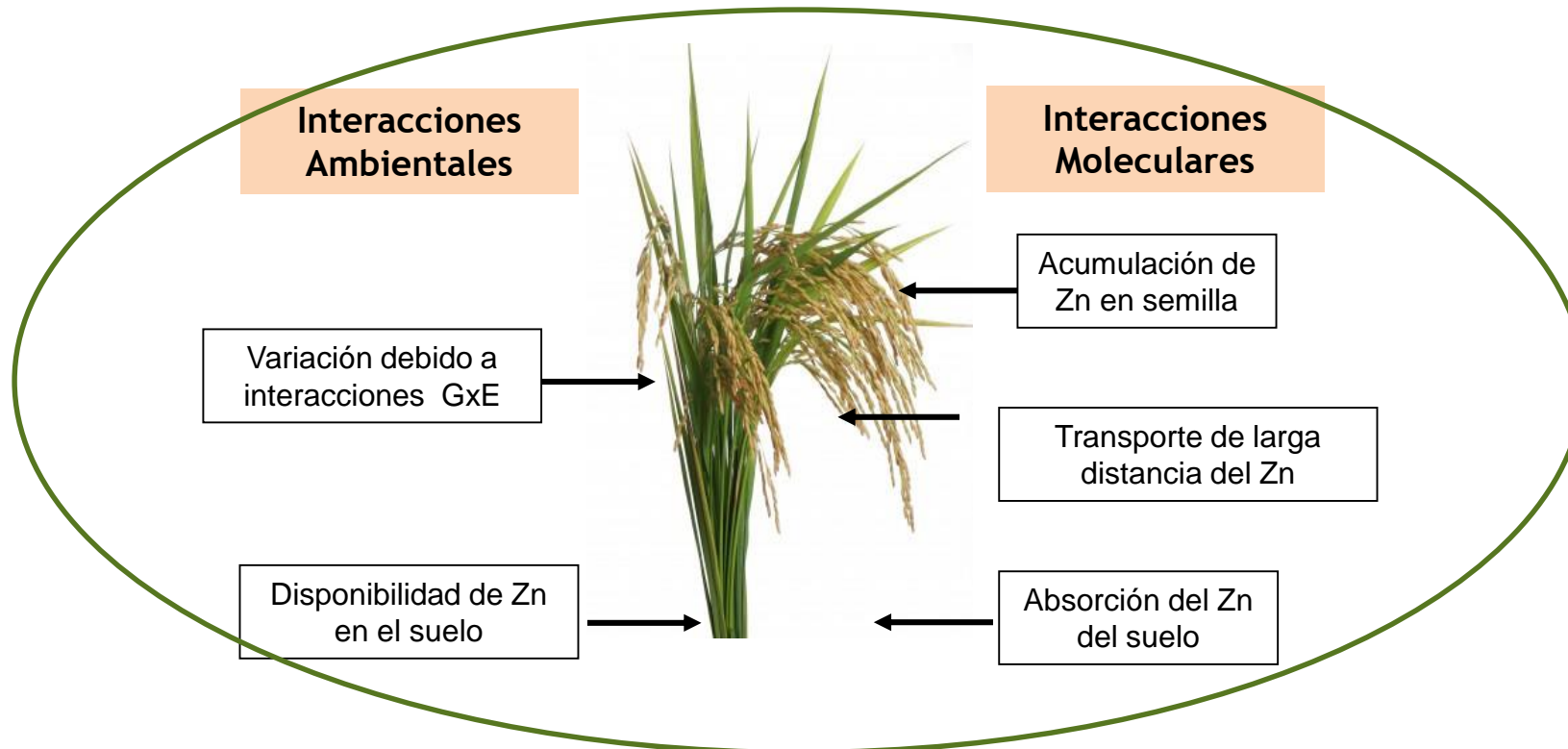
Desarrollamos nuevas variedades mediante **técnicas de reproducción convencionales** (no transgénicas) para aumentar su densidad de **hierro, zinc o vitamina A**.





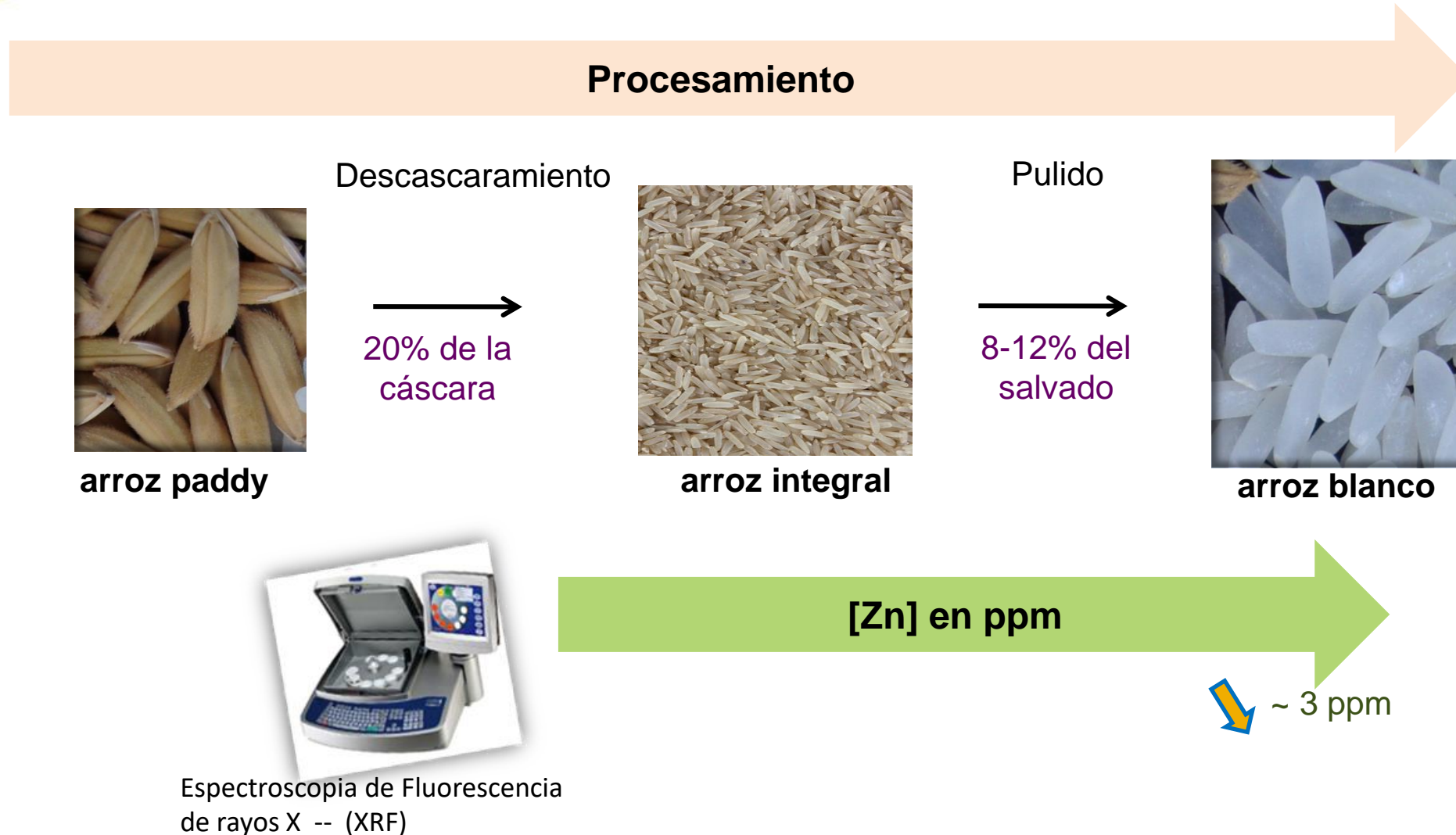
# Mejoramiento del arroz para contenido de zinc

Contenido de alto zinc en el grano es una característica  
Cuantitativa compleja





# El procesamiento del grano de arroz y la cuantificación del zinc





# Estrategia utilizada para aumentar en zinc en el grano

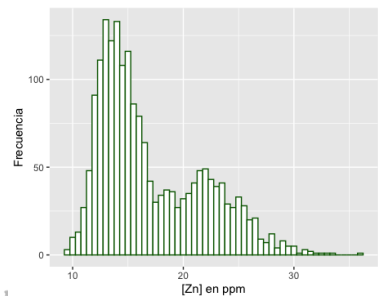
---

## Actividades :

- Proceso para el lanzamiento rápido de variedades
- Metodologías de mejoramiento para el desarrollo de líneas
  - *Mejoramiento pedigrí.*
  - *Mejoramiento poblacional.*
  - *Avance Rápido de Generación.*
  - *Selección genómica.*



# El proceso para el lanzamiento rápido de variedad



1-2 sitios por país

3-5 sitios por país

5-10 sitios por país  
incl. campos de agricultores

>10 sitios por país  
campos de agricultores  
incl. consumidores



Adaptabilidad  
Sanidad  
[Zn]

Ensayos preliminares de rendimiento  
~ 10-15 líneas + 4 testigos

+  
Rendimiento  
Calidad molinera  
Calidad de granos

Ensayos avanzados de rendimiento  
~ 5-6 líneas + 2 testigos

+  
Calidad culinaria

Pruebas  
~ 2-3 líneas + 1 testigo

+  
Estudios sensoriales

Lanzamiento de variedad



# CIAT BIO – 44 + Zinc

2019



2020

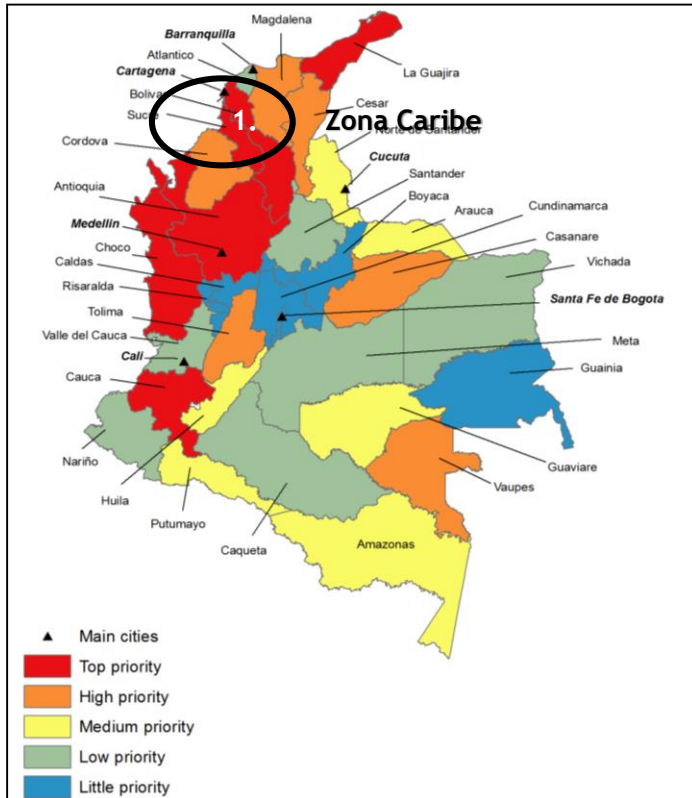
## Procesos difusión de la variedad

Municipio	Productor
Antofagasta	1
Guarayos	8
San Pablo	3
Los Andes	3
La Planchada	1
San Juan	1
Yapacaní	3
Beni	1
Pando	1
San Julián	1
Okinawa	1
Com encuentro	1

Primera variedad de arroz biofortificada con Zinc liberada en Latino América bajo los estándares de calidad de HarvestPlus.



# Línea de arroz candidata al lanzamiento de variedad en Colombia



## Ensayos, Leticia, Colombia 2018

Material	YLD (kg/ha)	Zn (ppm)
BF14AR001	5186	21
BF14AR021	<b>5259</b>	<b>28</b>
BF14AR032	<b>5777</b>	<b>21</b>
BF14AR033	3654	23
BF14AR034	3135	23
<b>BF14AR035</b>	<b>6758</b>	<b>27</b>
BF14AR039	4614	20
Azucena	2048	23
IR64	5438	19
<b>Testigo total</b>	<b>2863</b>	<b>17</b>

Estudios de **calidad culinaria**, Leticia, Colombia 2018



Me disgusta mucho	Me disgusta	Ni me gusta Ni me disgusta	Me gusta	Me gusta mucho
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>

CÓDIGO	LÍNEA	LAVADO	TIEMPO DE COCCIÓN	LEÑA	RENDIDOR	PROMEDIO
A	ICA-4	3	3	4	2	3
B	<b>BF14AR021</b>	5	4	4	5	<b>4.5</b>
C	<b>BF14AR032</b>	4	4	4	5	<b>4.3</b>
D	<b>BF14AR035</b>	5	5	5	5	<b>5</b>

**Pruebas sensoriales de arroces biofortificados,**  
SENA Ternera – Departamento de Bolívar





# La últimas etapas para la liberación de la variedad de arroz biofortificado en Colombia

Multiplicación de semilla básica de las líneas de arroz biofortificado, CIAT para las pruebas de eficiencia agronómicas

2019



Pruebas de eficiencia agronómica, Costa Norte de Colombia 2019

2020

Sample NQL	Average Zn	Zn (mg/Kg)	Zn (mg/Kg)	SD Zn	CV Zn (%)
		Measurement 1	Measurement 2		
Testigo COMERCIAL	18.3	18.0	18.7	0.49	2.70
Testigo COMERCIAL	18.6	18.5	18.8	0.21	1.14
Testigo COMERCIAL	22.0	21.8	22.2	0.28	1.29
BF14AR035	32.6	32.5	32.7	0.14	0.43
BF14AR035	33.0	33.0	33.0	0.00	0.00
BF14AR035	34.3	34.6	34.0	0.42	1.24



# Actividades en ejecución y siguientes pasos



Cosechar y analizar el resultado de la pruebas semicomerciales

Presentación ante el ICA para el registro de la primera variedad biofortificado de arroz con zinc en Colombia y la región caribe.

Liberación comercial 2020-2021

Producción de semilla certificada, comercialización







# Desarrollo de Líneas promisorias

## Líneas F4: 8 (hp) - Indica

Material	Secano favorecido –Santa Rosa				
	Zinc ppm				Rend
	año 2017	año 2018	año 2019	Promedio	(prom) 3rep
BF20AR017	28.8	25.9	27.4	<b>27.4</b>	5647.7
BF20AR006	26.3	26	27.7	<b>26.7</b>	4038.8
BF20AR061	25.5	26.9	27.2	<b>26.5</b>	3775.9
BF20AR051	29.3	23.1	26.8	<b>26.4</b>	3394.5
BF20AR015	25.4	27.7	25.8	<b>26.3</b>	4528.6
<b>Test Comercial</b>		10.8	18.7	<b>14.8</b>	1879.2

## Líneas F4: 8 (hp) - Japónica Tropical

Material	Secano favorecido –Santa Rosa				
	Zinc ppm				Rend
	año 2017	año 2018	año 2019	Promedio	(prom) 3rep
BF20AR0065	27.7	32.3	30.6	<b>30.2</b>	1761.8
BF20AR0066	30.3	26.1	30.5	<b>29</b>	1649.8
BF20AR0019	25.1	31.9	25.9	<b>27.6</b>	1515.7
BF20AR0068	27.5	26.1	28.1	<b>27.2</b>	1077.9
BF20AR0067	28	26.3	26.8	<b>27</b>	1074.7
<b>Test Comercial</b>		14.1	19.0	<b>16.6</b>	1640.1

## Líneas SSD

Material	Secano favorecido –Santa Rosa		
	Zinc ppm		Rend
	año 2017	año 2018	
BF20AR080		<b>31.8</b>	1135.2
BF20AR074		<b>30.8</b>	3670.2
BF20AR039		<b>30.2</b>	4267.0
BF20AR036		<b>29.7</b>	4450.2
BF20AR028		<b>28.1</b>	5324.1
<b>Test Comercial</b>		<b>18.7</b>	3471.1

## Líneas S0:4 , Mej. Poblacional – Indicas

Material	Secano favorecido –Santa Rosa			
	Zinc ppm			Rend
	año 2018	año 2019	Promedio	(prom) 3rep
PCT-26: 0:0:3>54-M-M	24.4	29.6	<b>27.0</b>	1496.3
PCT-26: 0:0:3>267-M-M	23.7	28.4	<b>26.1</b>	1234.5
PCT-26: 0:0:3>164-M-M	26.6	28.3	<b>27.5</b>	2006.6
PCT-26: 0:0:3>37-M-M	23.5	27.9	<b>25.7</b>	2042.4
PCT-26: 0:0:3>333-M-M	25.6	27.8	<b>26.7</b>	2338.0
<b>Test Comercial</b>			<b>19.8</b>	1611.3

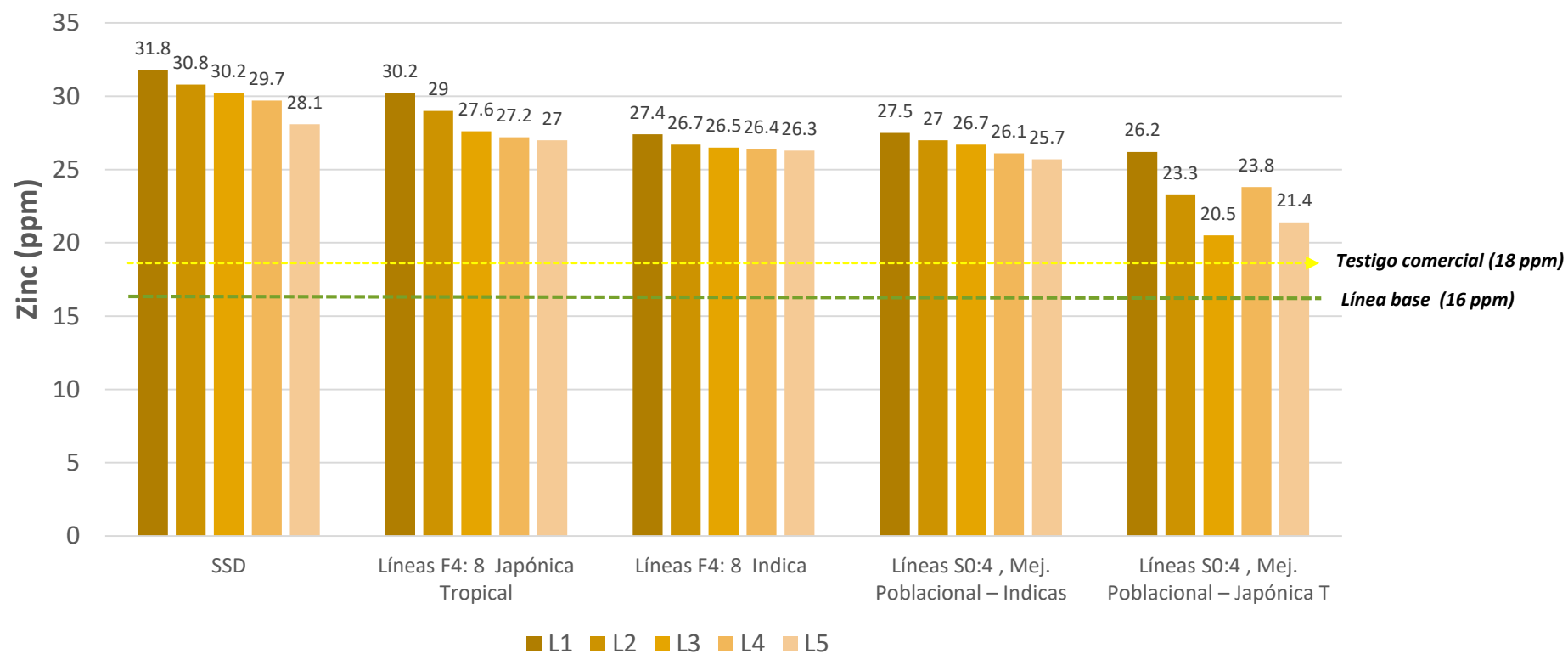
## Líneas S0:4 , Mej. Poblacional – Japónica T

Material	Secano favorecido –Santa Rosa			
	Zinc ppm			Rend
	año 2018	año 2019	Promedio	(prom) 3rep
PCT-28: 0:0:3>264-M	23.6	28.8	<b>26.2</b>	2375.5
PCT-28: 0:0:3>96-M	22.6	23.9	<b>23.3</b>	2014.5
PCT-28: 0:0:3>291-M	20.9	20.1	<b>20.5</b>	2030.6
PCT-28: 0:0:3>29-M	26.4	21.2	<b>23.8</b>	1548.3
PCT-28: 0:0:3>274-M	22.5	20.3	<b>21.4</b>	1484.7
<b>Test Comercial</b>			<b>20.5</b>	1970.6



# Líneas promisorias 2020

## Contenido de zinc de líneas promisorias Santa Rosa 2019





# Consideraciones finales

---



**HarvestPlus**  
Better Crops • Better Nutrition  
América Latina y el Caribe

- ✓ Se identificaron líneas para su liberación, mediante la estrategia seguida : “lanzamiento rápido de variedades”.
- ✓ Se debe aprovechar la alta variabilidad existente en el cultivo para identificar donadores de rasgos de interés (ej.: Micronutrientes) para piramidar (acumular) los caracteres de interés en el arroz.
- ✓ La identificación de mecanismos fisiológicos y moleculares que controlan la absorción, regulación de Zn y su acumulación en los granos ofrecen una gran oportunidad en los programas de mejoramiento para identificar plantas con alto contenido de Zn.



Bioversity International and the International Center for Tropical Agriculture (CIAT) are CGIAR Research Centers. CGIAR is a global research partnership for a food-secure future.

Alianza



# Gracias

Jaime Borrero C.  
[j.borrero@cigar.org](mailto:j.borrero@cigar.org)

