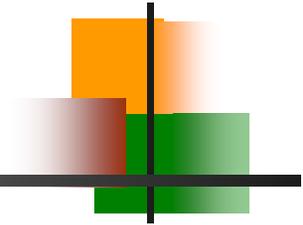




# La Estrategia Propuesta para Evaluar el Impacto Nutricional de Cultivos Biofortificados en el Proyecto AgroSalud

---



Helena Pachón

Proyecto AgroSalud

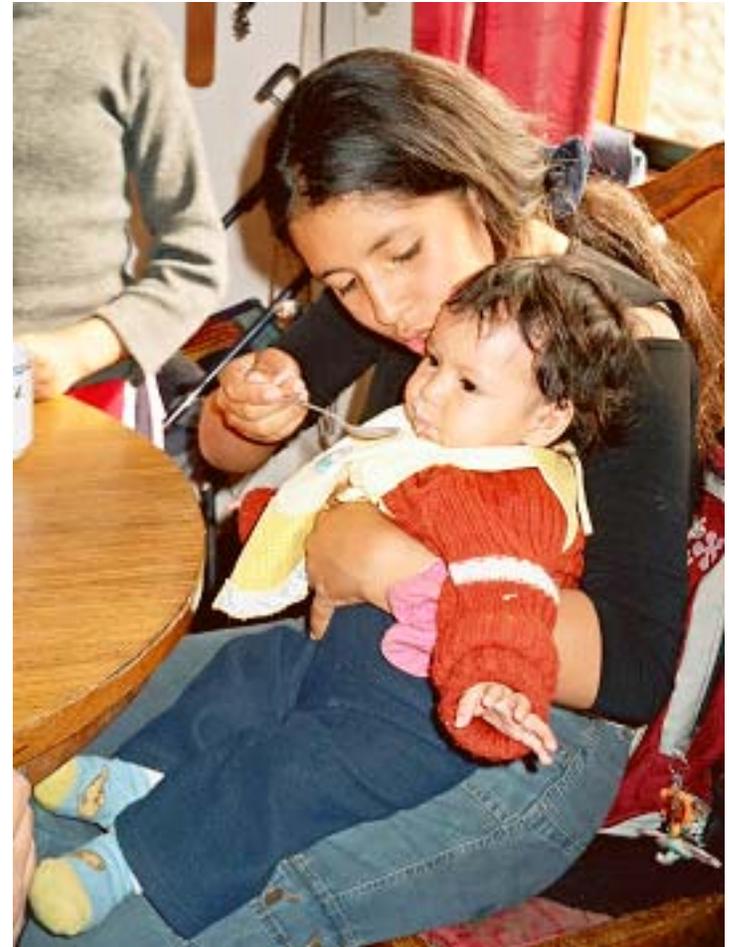
Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)

Octubre 2006

México

# El Problema

Las deficiencias de micronutrientes en la dieta humana son un problema de salud pública especialmente en países menos desarrollados económicamente





# Una Solución

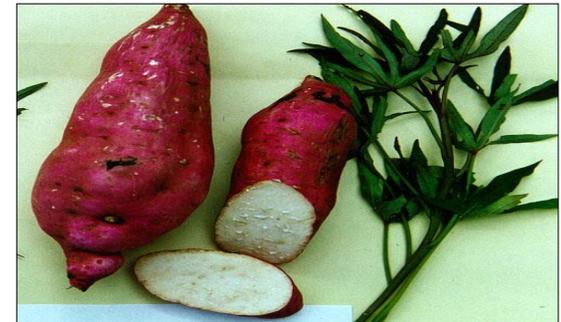
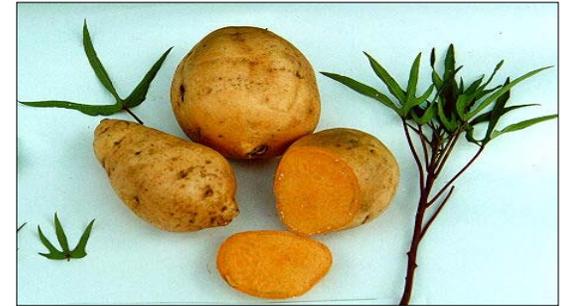
La *biofortificación* de cultivos se plantea como una estrategia para disminuir la deficiencia por micronutrientes a través de los alimentos, de forma sostenible y enfocada en los pobres



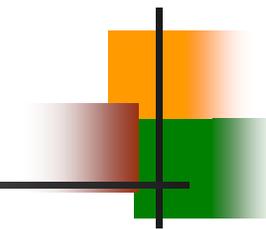
# ¿Qué es la Biofortificación?

La *biofortificación* consiste en aplicar técnicas de fitomejoramiento que aprovechan la variabilidad existente en las diferentes variedades de las especies cultivadas respecto a su contenido de nutrientes, para aumentar el nivel de éstos en los cultivos

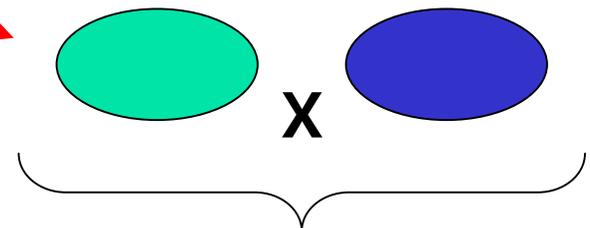
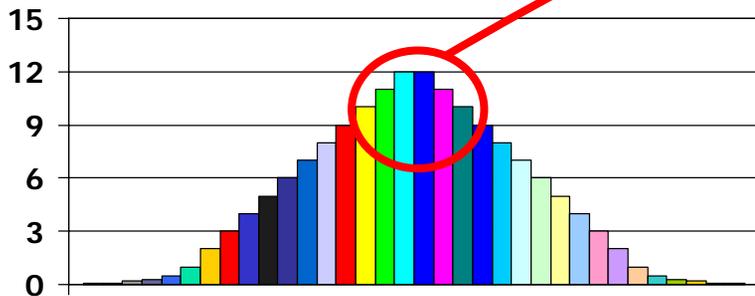
(Nestel et al., 2006; Gregorio, 2002)



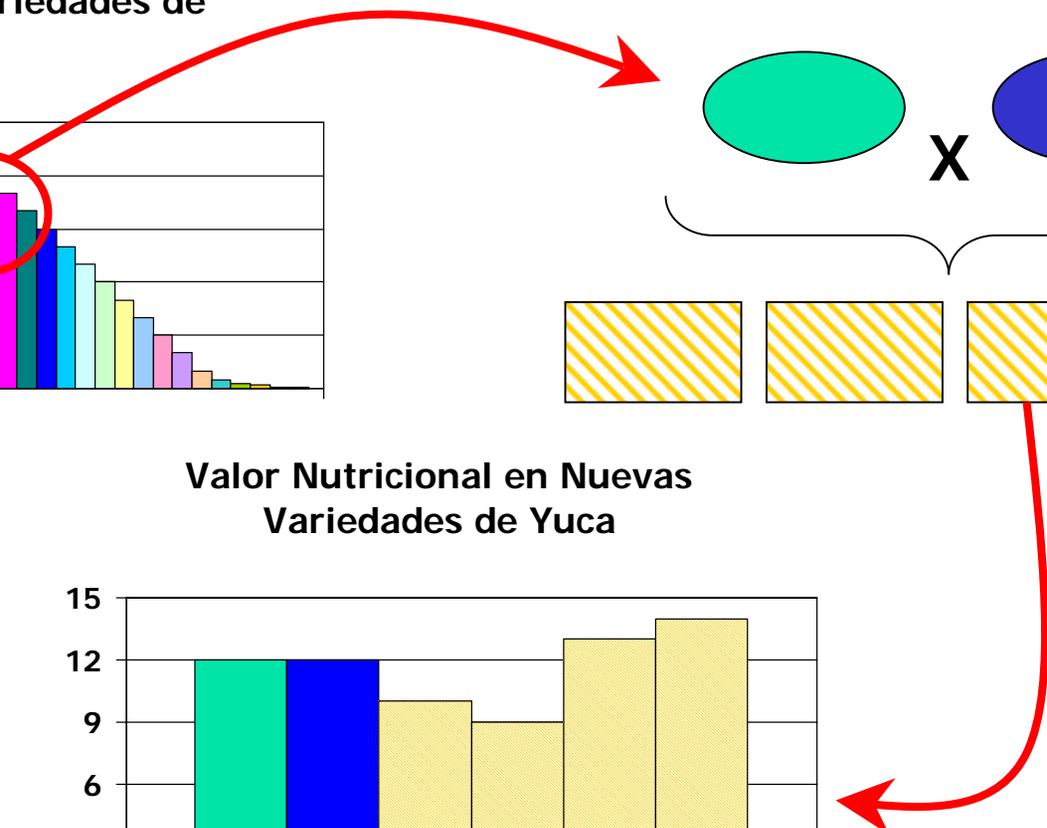
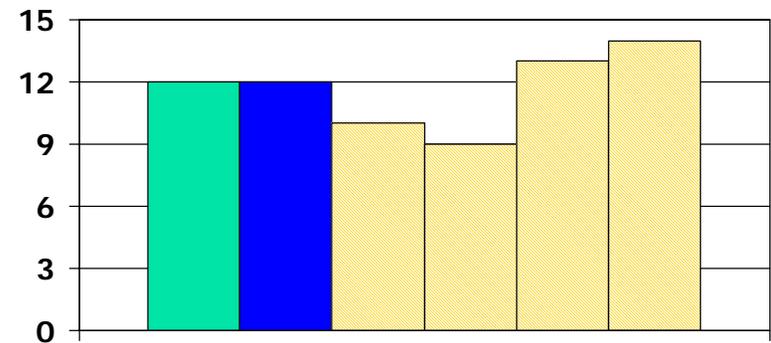
# ¿Qué es la Biofortificación?

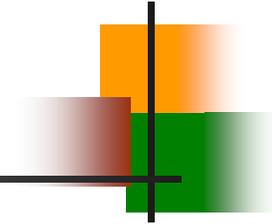


Variabilidad en el Valor Nutricional de Variedades de Yuca



Valor Nutricional en Nuevas Variedades de Yuca





Variedades con características de interés para...



## Agricultor

Alto rendimiento  
Resistencia a plagas  
Tolerancia a estreses



## Consumidor

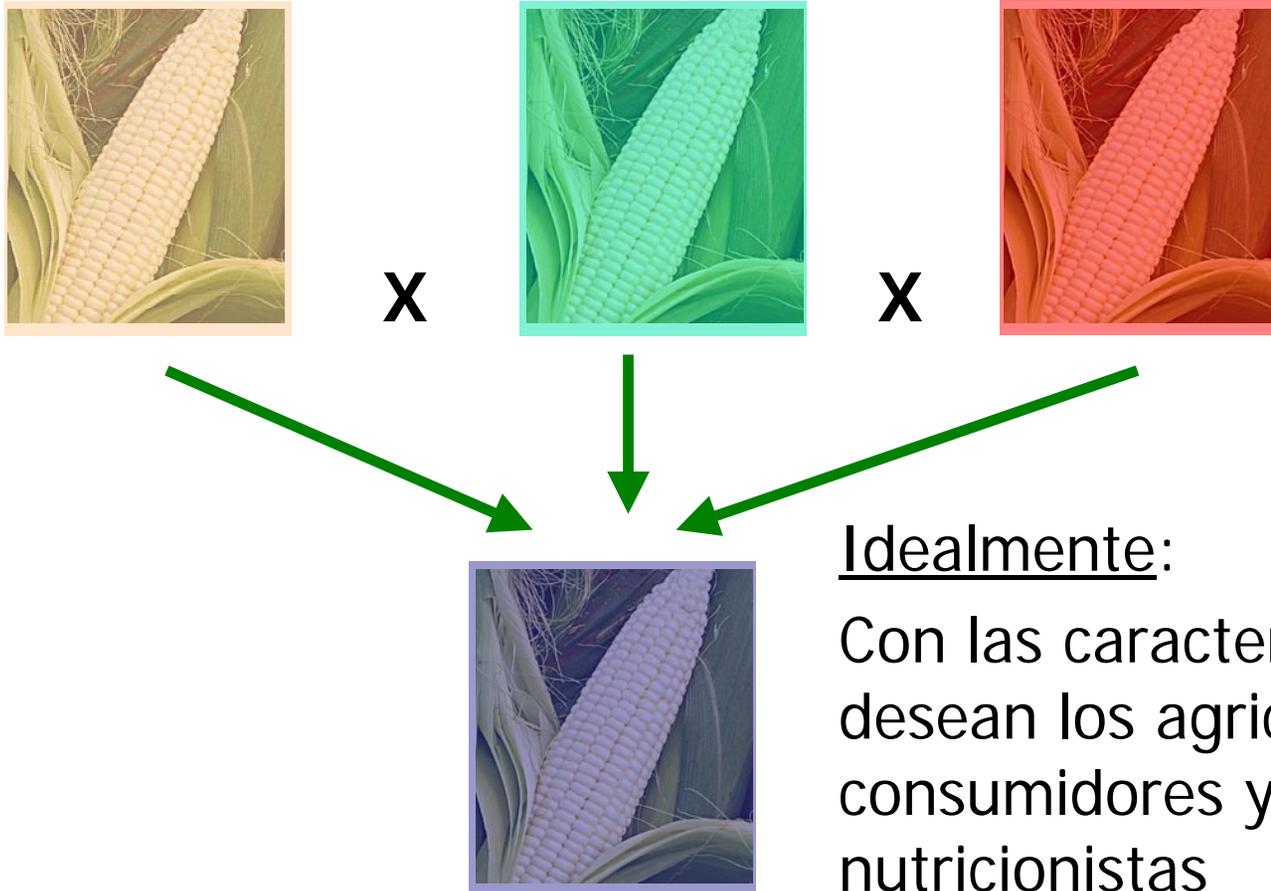
Apariencia  
Sabor  
Tiempo de cocción



## Nutricionista

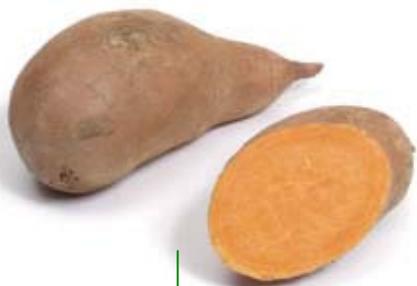
Alto valor  
nutricional

# ¿Cómo Funciona la Biofortificación?

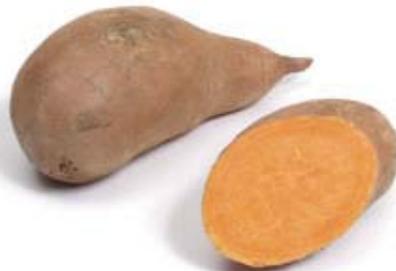


# NO son Cultivos Transgénicos (GM)

**Biofortificación**

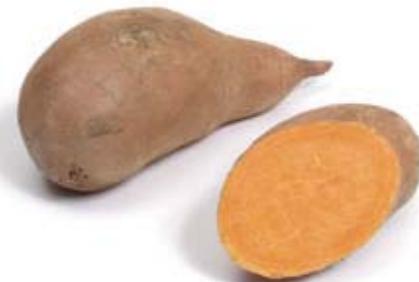
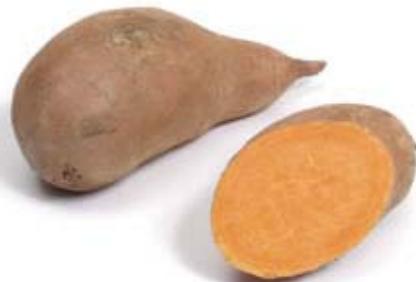


+



+

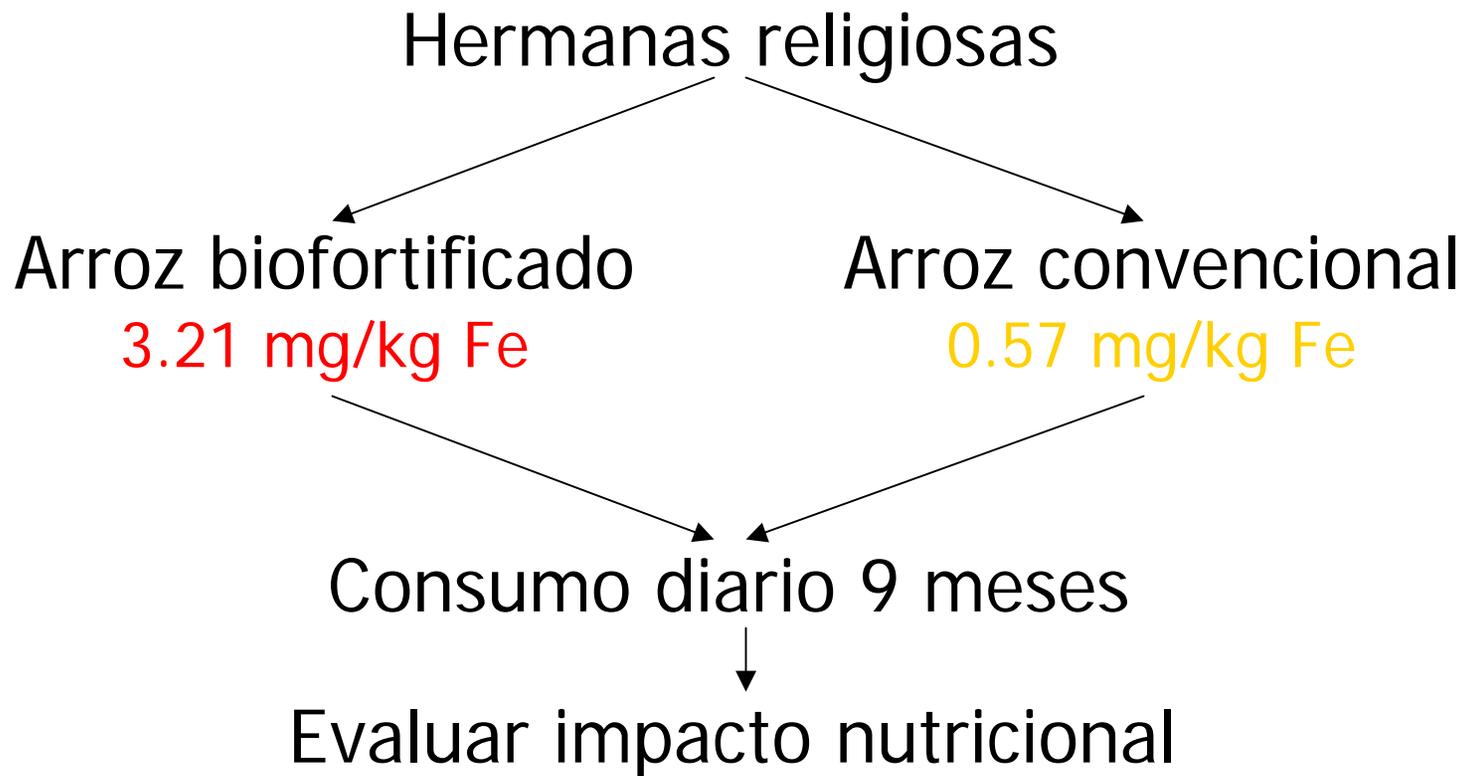
**GM**





# La Biofortificación Mejora el Estado Nutricional

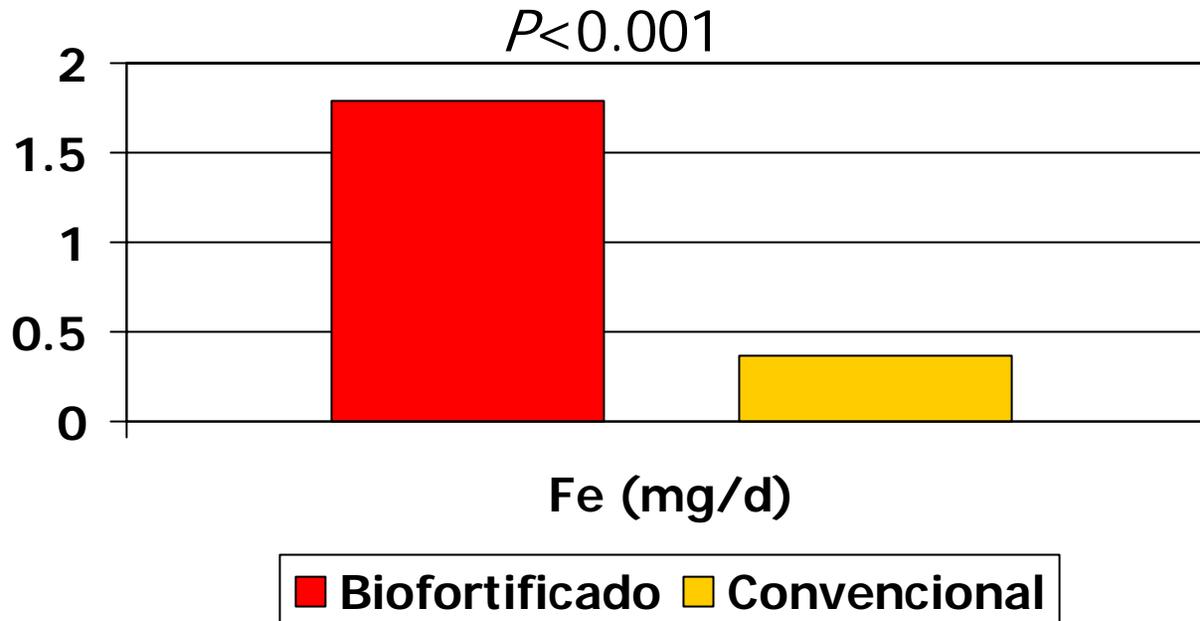
## ■ Arroz biofortificado con hierro (Filipinas)





# La Biofortificación Mejora el Estado Nutricional

## Consumo de Hierro del Arroz (promedio de 9 meses)



(Haas et al., 2005)

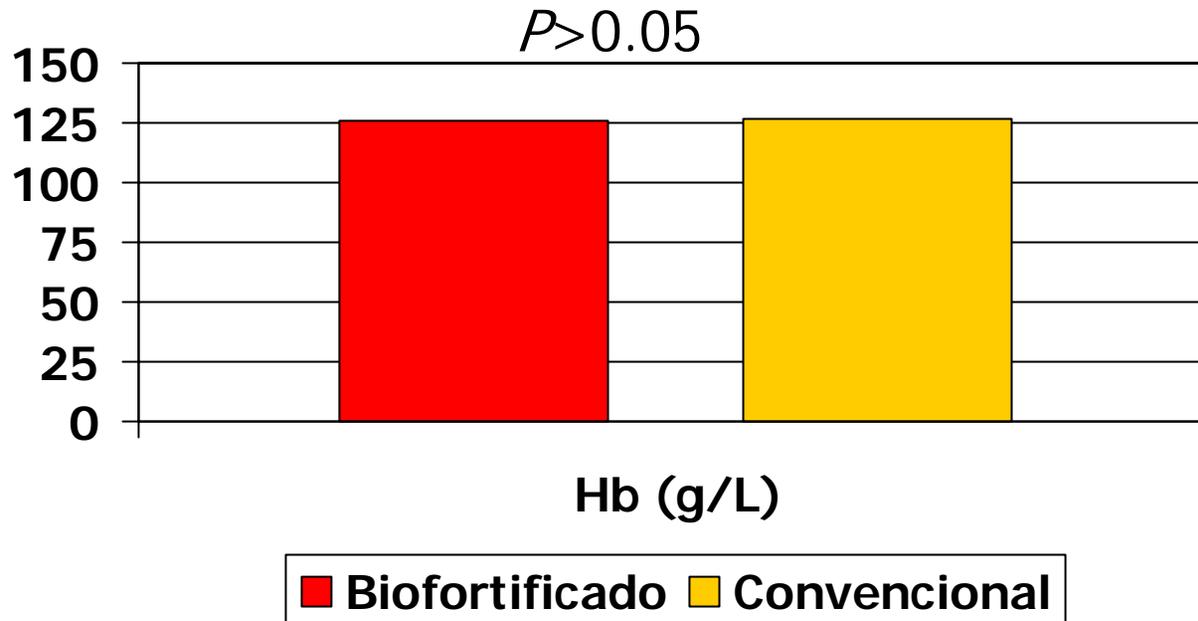
Requerimiento mediano: 8.1 mg/d

RDA: 18 mg/d



# La Biofortificación Mejora el Estado Nutricional

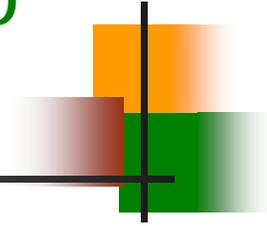
## Concentración de Hemoglobina (>9 meses)



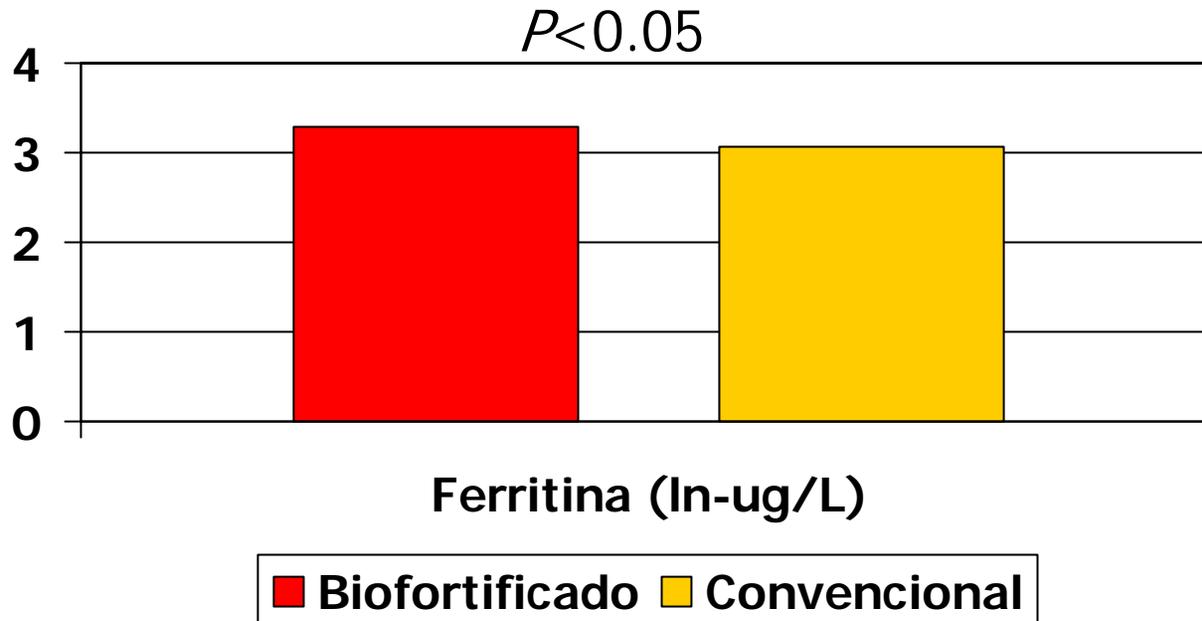
(Haas et al., 2005)



# La Biofortificación Mejora el Estado Nutricional



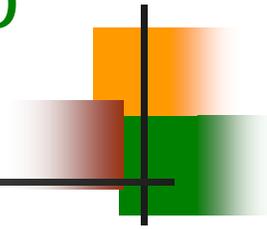
## Mujeres No-anémicas: Ferritina Sérica (>9 meses)



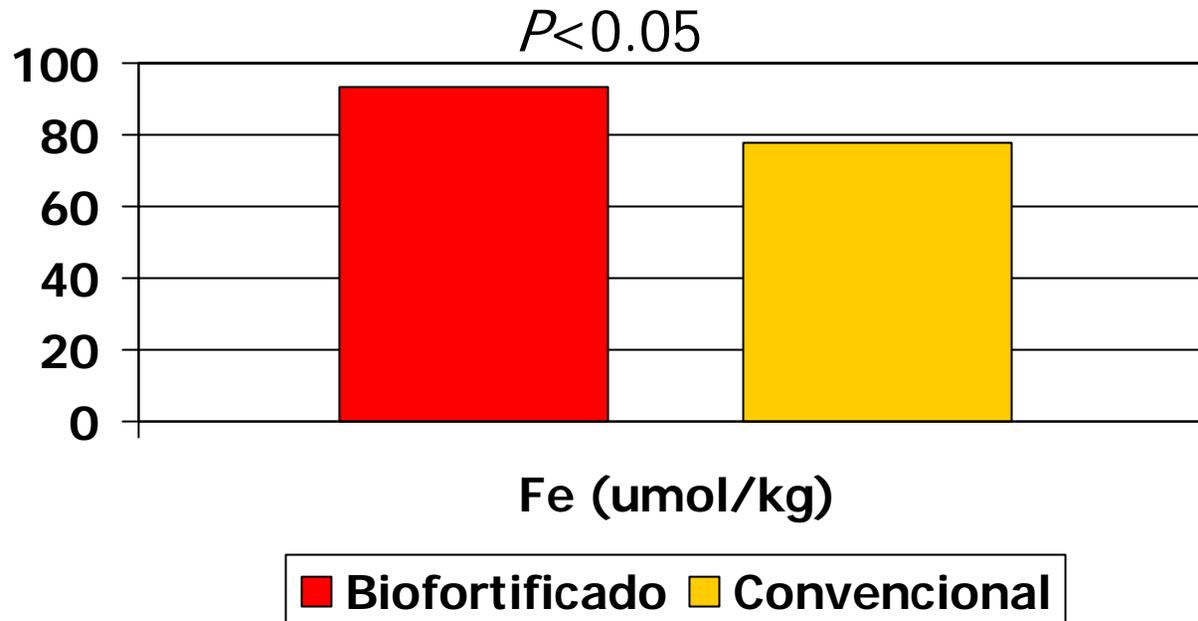
(Haas et al., 2005)



# La Biofortificación Mejora el Estado Nutricional



## Mujeres No-anémicas: Fe Corporal (> 9 meses)



(Haas et al., 2005)



# La Biofortificación Mejora el Estado Nutricional

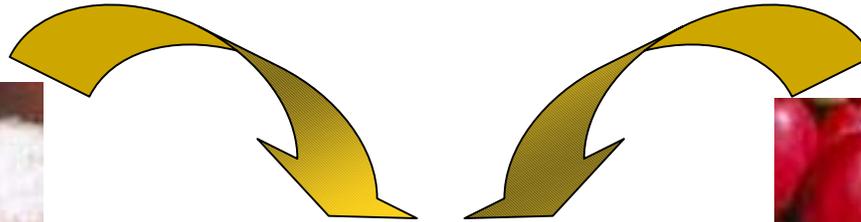
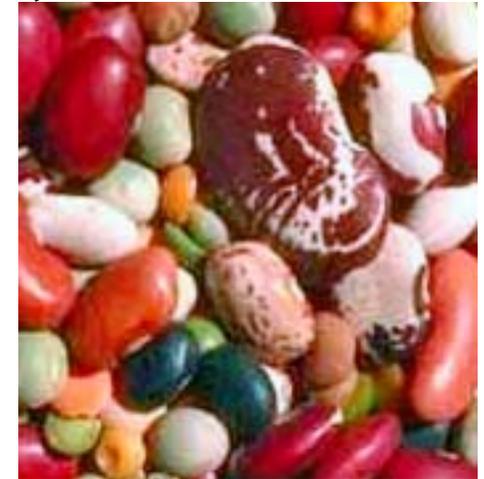
- Arroz biofortificado con hierro
- ~5 veces más hierro que convencional
- Contribuyó ~10% del RDA de hierro
- En mujeres no-anémicas, mejoró el estado de hierro



(Haas et al., 2005)

# La Biofortificación: Estrategia Basada en Alimentos

- Consumo de un alimento biofortificado
- Consumo de varios alimentos biofortificados





# La Biofortificación: Estrategia Sostenible

- No hay dependencia externa en la obtención de semilla
  - Después de primera distribución, el agricultor puede guardar su propia semilla para la próxima siembra
- No representa un cambio en el comportamiento del consumidor
  - Desde que el cultivo mantenga todas las características deseables



# Alimentos Biofortificados

- Mejores características agronómicas
  - Mayor rendimiento de grano y/o raíces
  - Mayor tolerancia a estreses bióticos y abióticos
- No son transgénicos (GM)
- Mayor valor nutricional
- Mejoran el estado nutricional
- Una estrategia sostenible basada en alimentos
  
- **¿Cómo desarrollar y evaluarlos?**

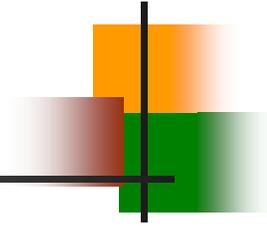


# HarvestPlus

Un consorcio internacional que participa en el desarrollo de cultivos biofortificados, enfocado en los cultivos de mayor consumo e importancia para Africa y Asia

(<http://www.harvestplus.org/>)





## Biofortificación con enfoque en los cultivos de mayor importancia en Latinoamérica y el Caribe

yuca



camote



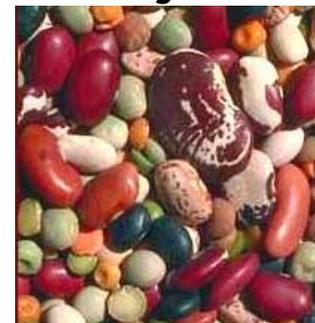
arroz



maíz

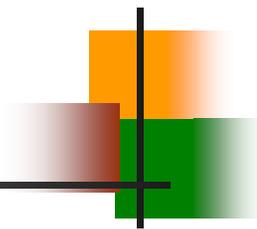


fríjol





# Instituciones Líderes en AgroSalud



CIMMYT  
(México)

CLAYUCA  
(Colombia)

CIAT  
(Colombia)

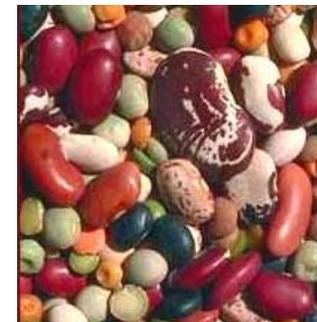
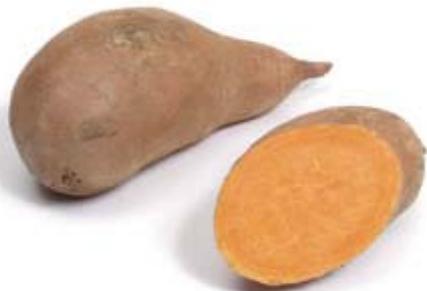
EMBRAPA  
(Brasil)

CIP (Perú)



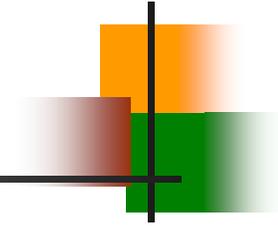
# Nutrientes y Cultivos Prioritarios

- Hierro (arroz, camote, fríjol)
- Zinc (arroz, camote, fríjol)
- Beta-caroteno (camote, maíz, yuca)
- Triptófano, lisina (maíz)





# Regiones Prioritarias



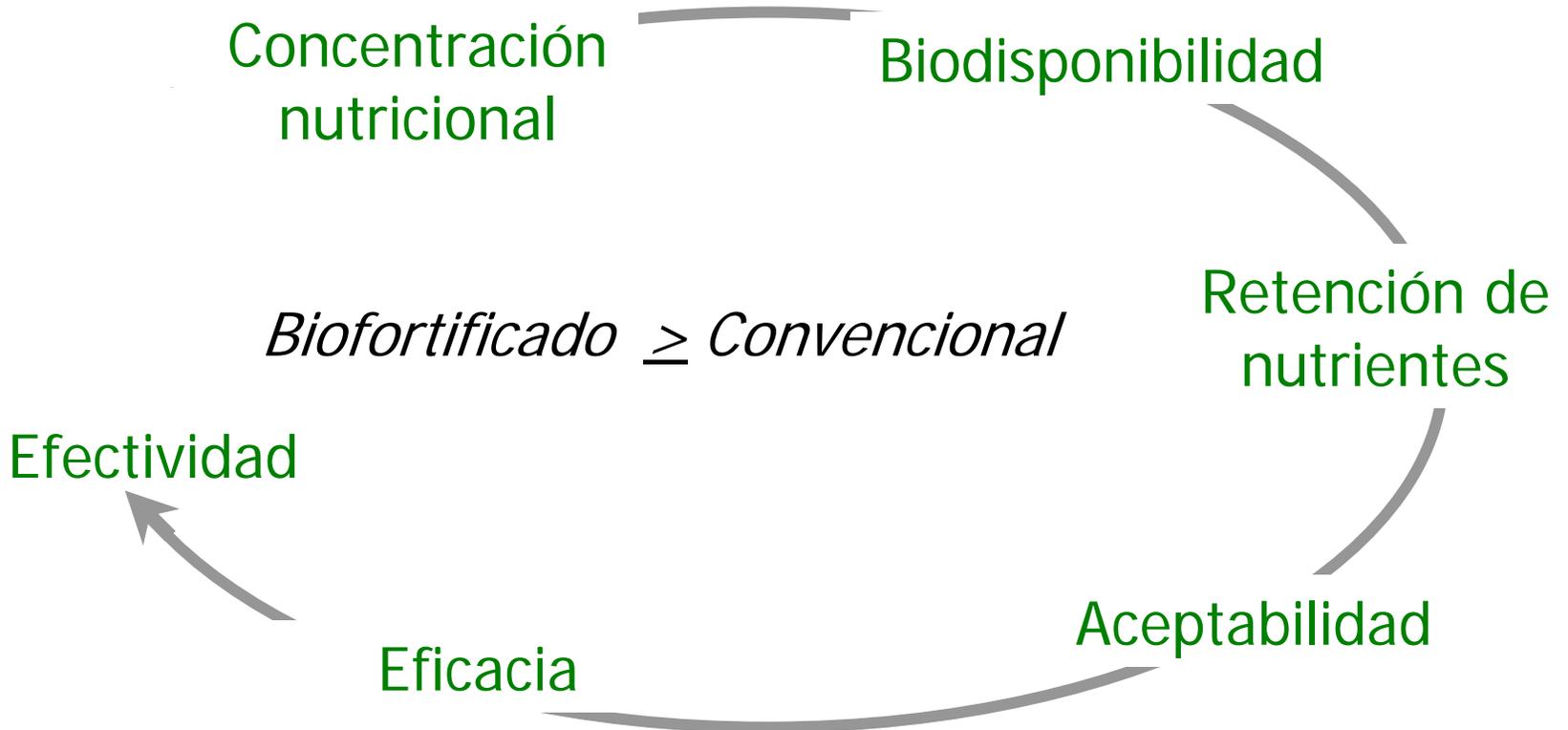
- Centroamérica
- Región Andina
- El Caribe



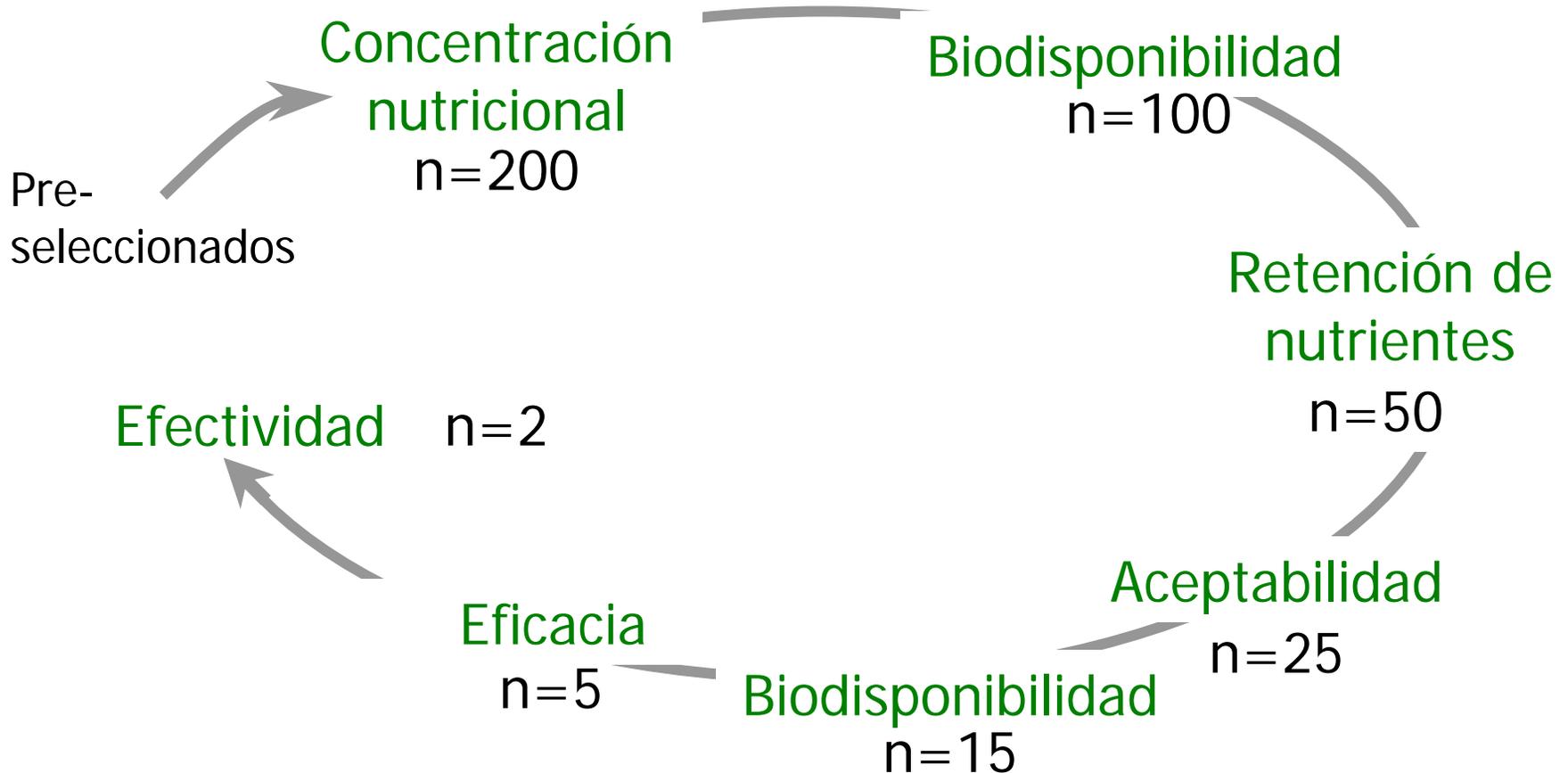


# Estrategia para Evaluar Impacto

Crear una cadena de evidencia...



...e ir seleccionando líneas promisorias



# Un Ejemplo: Maíz de Alto Valor Proteico (QPM)

- 40+ años de investigación
  - Gen opaco-2
  - Más: triptófano, lisina
  - Igual: proteína total
  - Características agrónomas





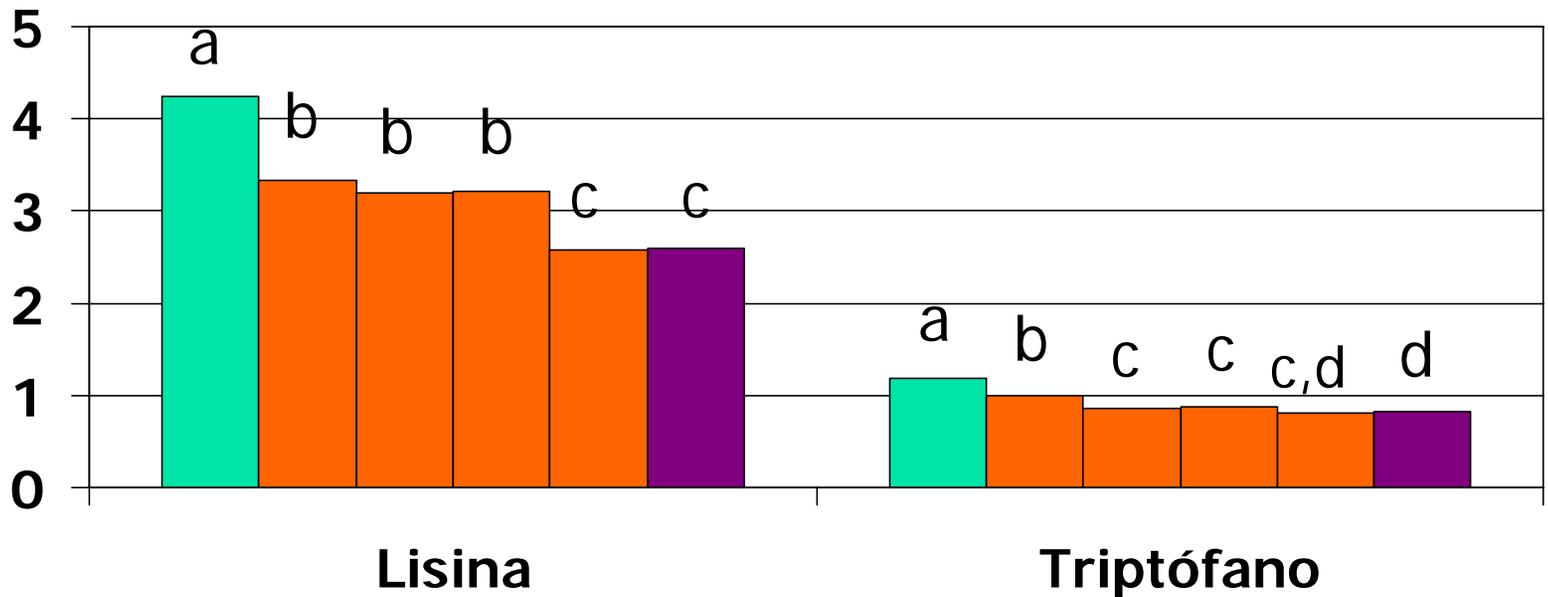
# Concentración Nutricional

- Hierro y zinc
  - Absorción atómica
- Beta-caroteno
  - HPLC
- Triptófano
  - Colorimétrico con ácido acético
- Lisina
  - Colorimétrico basado en 2-chloro-3,5-dinitropyridine
- Explorando para Fe, Zn, beta-caroteno
  - NIRS



# Concentración Nutricional: Maíz de Alto Valor Proteico (QPM)

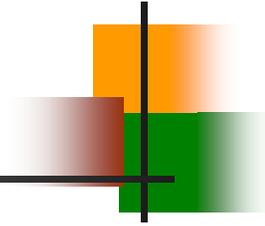
**Lisina y triptófano (g/100 g proteína) en QPM BH542, 4 híbridos de alto rendimiento y 1 variedad local**



(Fufa et al., 2003; Etiopía)



# Biodisponibilidad



## ■ Inicial (n=100)

¿Cocinar?

*In vitro*

- Fe: dializabilidad o Caco-2
- Beta-caroteno: digestión
- Proteína: digestibilidad
- Zn: no existe

## ■ Posterior (n=15)

Cocinar

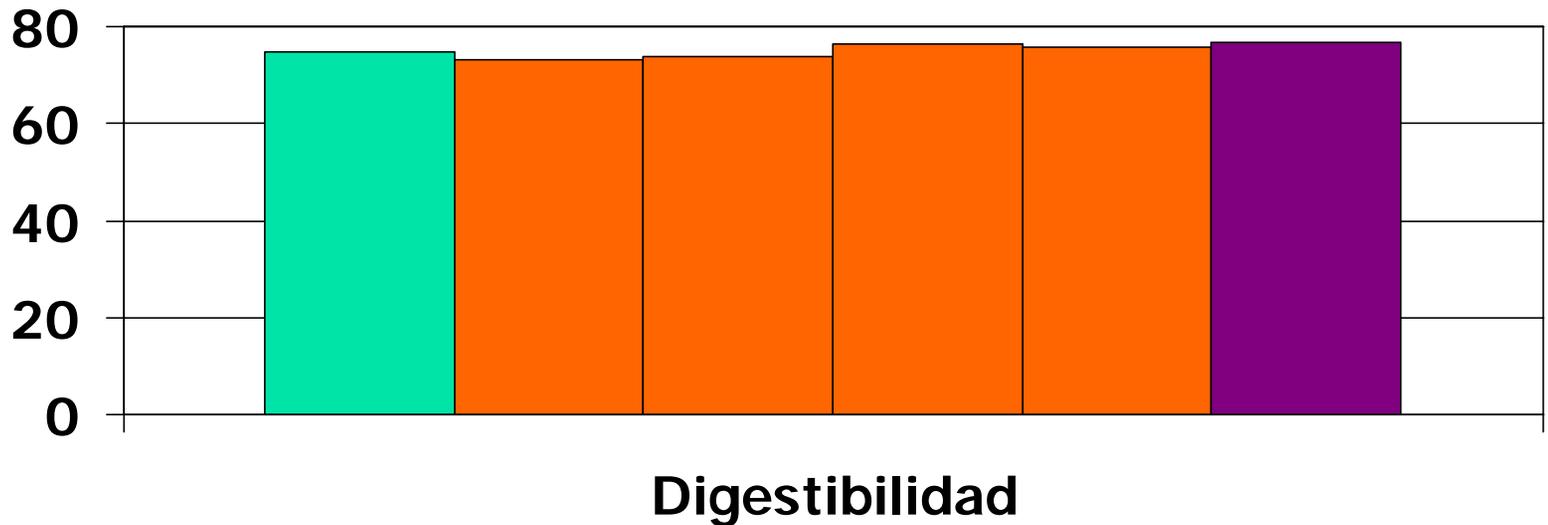
*In vivo*

- Fe: ERH en ratas
- Beta-caroteno: biodisponibilidad en gerbils
- Proteína: digestibilidad en ratas
- Zn: no existe



# Biodisponibilidad: Maíz de Alto Valor Proteico (QPM)

**Digestibilidad *in vitro* de la proteína (%)  
en harina cruda de QPM BH542, 4  
híbridos de alto rendimiento y 1 variedad  
local**



(Fufa et al., 2003; Etiopía; sin estadísticas)

- Cocinar
  - Manera estandarizada
  - Según costumbre local
- Evaluar concentraciones nutricionales



Antes

Cocción /  
Procesamiento

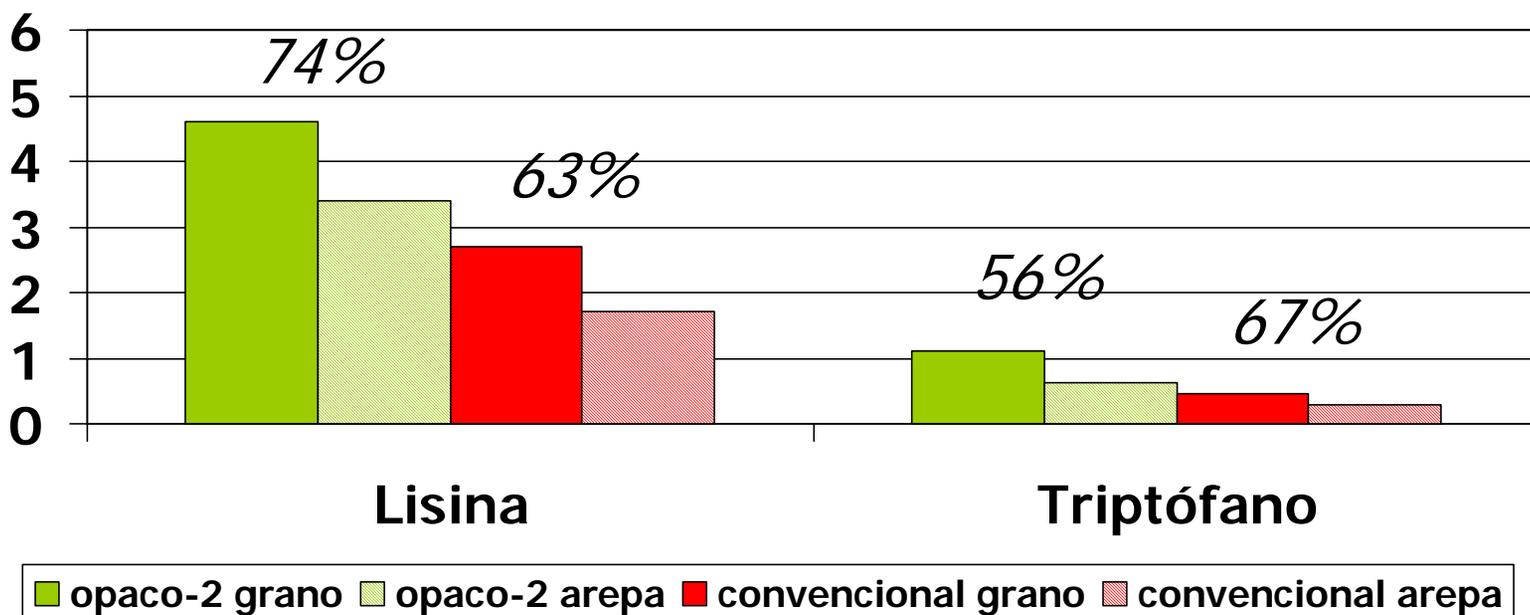


Después



# Retención: Maíz de Alto Valor Proteico (QPM)

Lisina y triptófano (g/16 g nitrógeno) en maíz opaco-2 y convencional, grano entero y arepa



(Chávez, 1972; Venezuela; sin estadísticas)

Variedades biofortificadas

Variedades convencionales

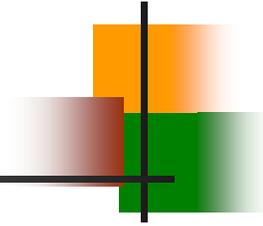
Preparar 3 recetas



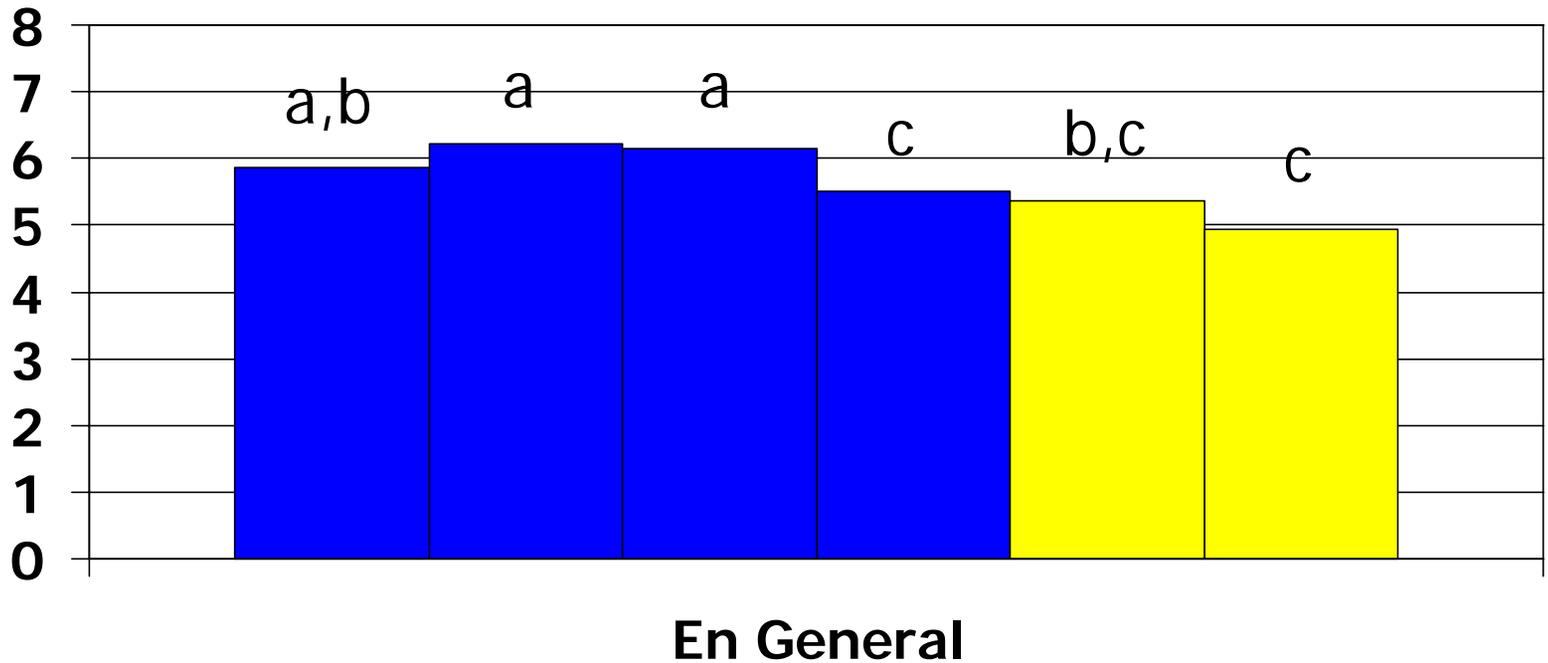
Comparar apariencia, sabor, textura, tiempo de cocción, etc.



# Retención: Maíz de Alto Valor Proteico (QPM)



Aceptabilidad de *tuo zafi* hecho con 4 variedades de QPM y 2 variedades locales

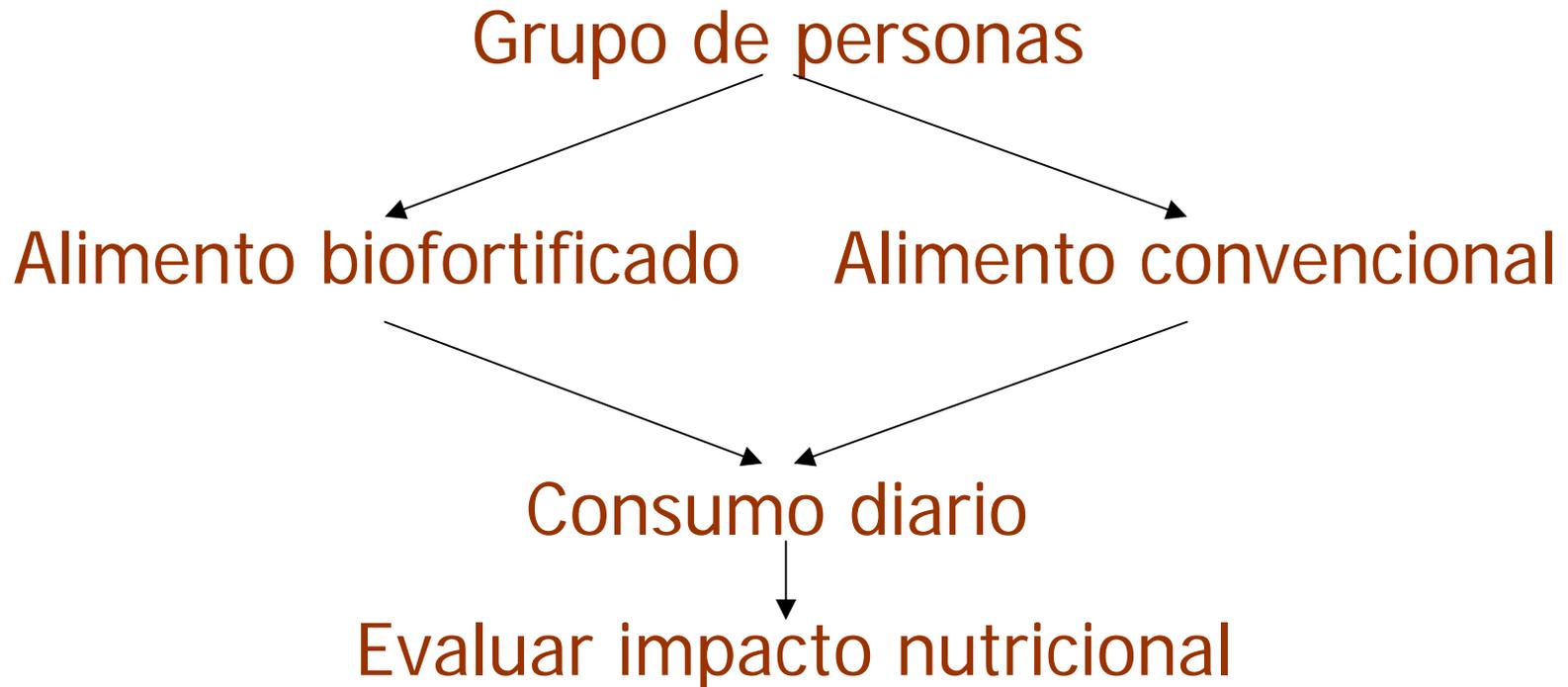


(Ahenkora et al., 1999; Ghana; escala 1-7)



# Eficacia

- Cada cultivo biofortificado (¿combinaciones?)
- Metodología:





# Eficacia: Maíz de Alto Valor Proteico (QPM)

Efectos de la ingesta de maíz de alta calidad de proteínas versus maíz normal en el crecimiento y desarrollo físico de niños de 1 a 5 años

**CAMBIOS POSITIVOS EN EL GRADO DE DESNUTRICIÓN SEGÚN INDICADOR PESO/EDAD EN AMBOS GRUPOS DE ESTUDIO**

Cambios positivos en el grado de Desnutrición según el indicador P/E	Ingesta Maíz QPM		Ingesta Maíz Normal		Total	
	No	%	No	%	No	%
Si	16	66.7%	2	8.3%	18	37.5%
No	8	33.3%	22	91.7%	30	62.5%
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>100%</b>	<b>24</b>	<b>100%</b>	<b>48</b>	<b>100%</b>

Fuente: Primera, Segunda y Tercera Medición Antropométrica  
(P = 0.000028, IC: 95%= 2.06-31.06)

(Ortega et al., 2006; Nicaragua; 3 meses)



# Eficacia: Maíz de Alto Valor Proteico (QPM)

**Efectos de la ingesta de maíz de alta calidad de proteínas versus maíz normal en el crecimiento y desarrollo físico de niños de 1 a 5 años**

**CAMBIOS POSITIVOS EN EL GRADO DE DESNUTRICIÓN SEGÚN INDICADOR TALLA/EDAD EN AMBOS GRUPOS DE ESTUDIO**

Cambios positivos en el grado de Desnutrición según el indicador T/E	Ingesta Maíz QPM		Ingesta Maíz Normal		Total	
	No	%	No	%	No	%
Si	7	29.2%	1	4.2%	8	16.7%
No	17	70.8%	23	95.8%	40	83.5%
<b>Total</b>	24	100%	24	100%	48	100%

Fuente: Primera, Segunda y Tercera Medición Antropométrica  
( $P = 0.023$ , IC: 95%= 0.93-52.63)

(Ortega et al., 2006; Nicaragua; 3 meses)



# Eficacia: Maíz de Alto Valor Proteico (QPM)

Efectos de la ingesta de maíz de alta calidad de proteínas versus maíz normal en el crecimiento y desarrollo físico de niños de 1 a 5 años

**CAMBIOS POSITIVOS EN EL GRADO DE DESNUTRICIÓN SEGÚN INDICADOR PESO/TALLA EN AMBOS GRUPOS DE ESTUDIO**

Cambios positivos en el grado de Desnutrición según el indicador P/T	Ingesta Maíz QPM		Ingesta Maíz Normal		Total	
	No	%	No	%	No	%
Si	8	33.3%	3	12.5%	11	22.9%
No	16	66.7%	21	87.5%	37	77.1%
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>100%</b>	<b>24</b>	<b>100%</b>	<b>48</b>	<b>100%</b>

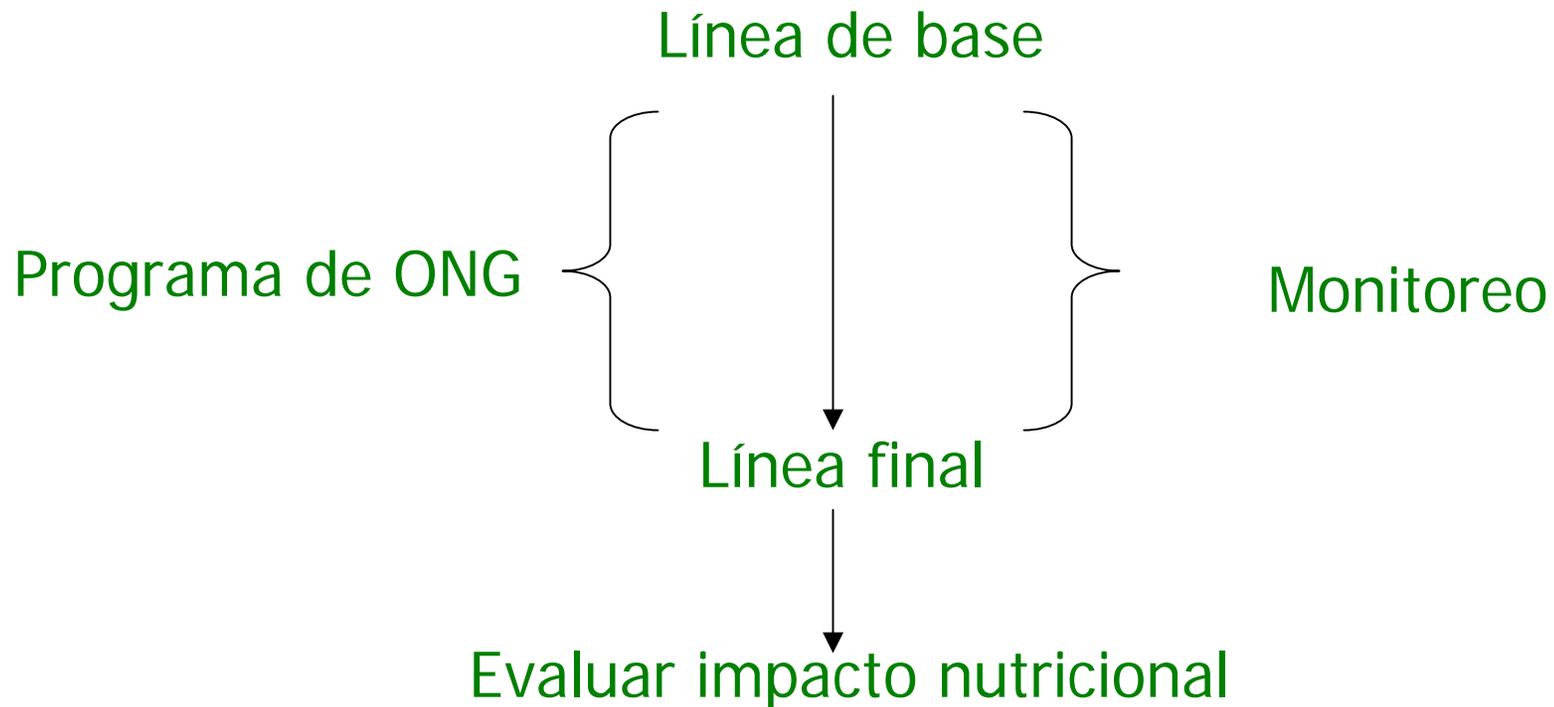
Fuente: Primera, Segunda y Tercera Medición Antropométrica  
( $P = 0.084$ , IC: 95%= 0.8-8.85)

(Ortega et al., 2006; Nicaragua; 3 meses)



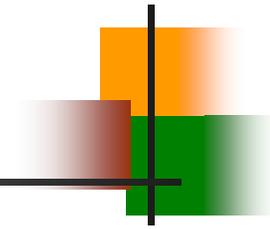
# Efectividad

- Cada cultivo biofortificado (¿combinaciones?)
- Metodología:

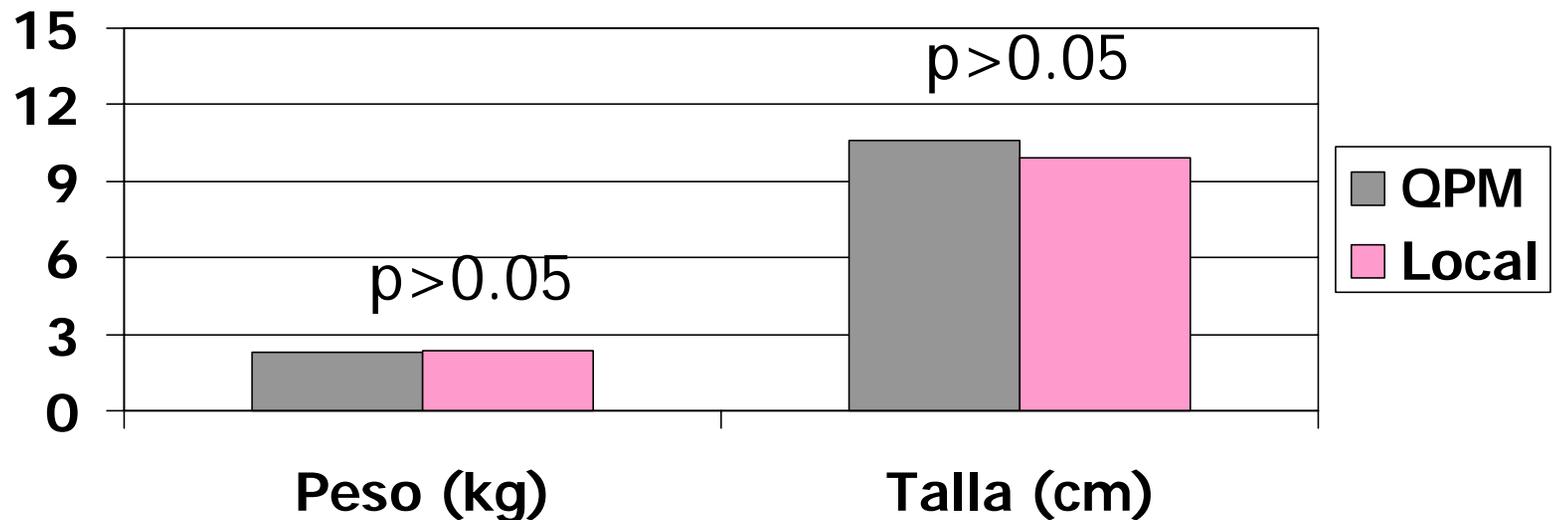




# Efectividad: Maíz de Alto Valor Proteico (QPM)



**Ganancia en peso y talla en 83 niños de 4-23 m después de un programa de 12 m que distribuyó semilla y dio apoyo técnico**



(Akuamoaa, 2002; Ghana)



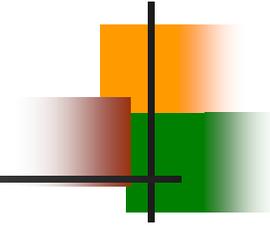
# Un Caso Especial: Maíz de Alto Valor Proteico (QPM)

- 40+ años de investigación
  - ¿Son necesario más estudios?
- Deficiencia de proteína
  - ¿Un problema de salud pública?
  - ¿Un problema en lugares aislados?
- “Plataforma” para otras mejorías
  - >Fe, Zn, beta-caroteno





# Estrategia para Evaluar Impacto: Factores a Considerar



- Tiempo
  - Para alimentar las decisiones de los fitomejoradores en el periodo que requieren
- Secuencia
  - Para reducir el número de variedades de forma eficiente
- Costo
  - Para preparar, enviar, cocinar y analizar muestras
- Estudios
  - De cultivos independientes o combinados



# Agradecimientos

## ■ Financiamiento

- Canadian International Development Agency
- Centro Internacional de Agricultura Tropical
- Programas nacionales de países socios

## ■ Imágenes

- [www.gardenguides.com](http://www.gardenguides.com); [www.hormel.com](http://www.hormel.com);  
[www.ralfkort.net](http://www.ralfkort.net); [www.cdc.gov](http://www.cdc.gov);  
[www.waynescomputerworld.com](http://www.waynescomputerworld.com);  
[www.theproducehunter.com](http://www.theproducehunter.com); [www.sou.edu](http://www.sou.edu);  
[www.macrobyte.net](http://www.macrobyte.net); [www.thomhackett.com](http://www.thomhackett.com);  
[www.recipesindian.com](http://www.recipesindian.com); [www.annettelarkins.com](http://www.annettelarkins.com); [www.el-halal.co.uk](http://www.el-halal.co.uk);  
[www.texascooking.com](http://www.texascooking.com); CLAYUCA; CIP; Róger Urbina; Reyna Liria

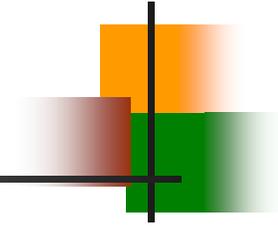
# Para Mayor Información



[www.AgroSalud.org](http://www.AgroSalud.org)

Helena Pachón

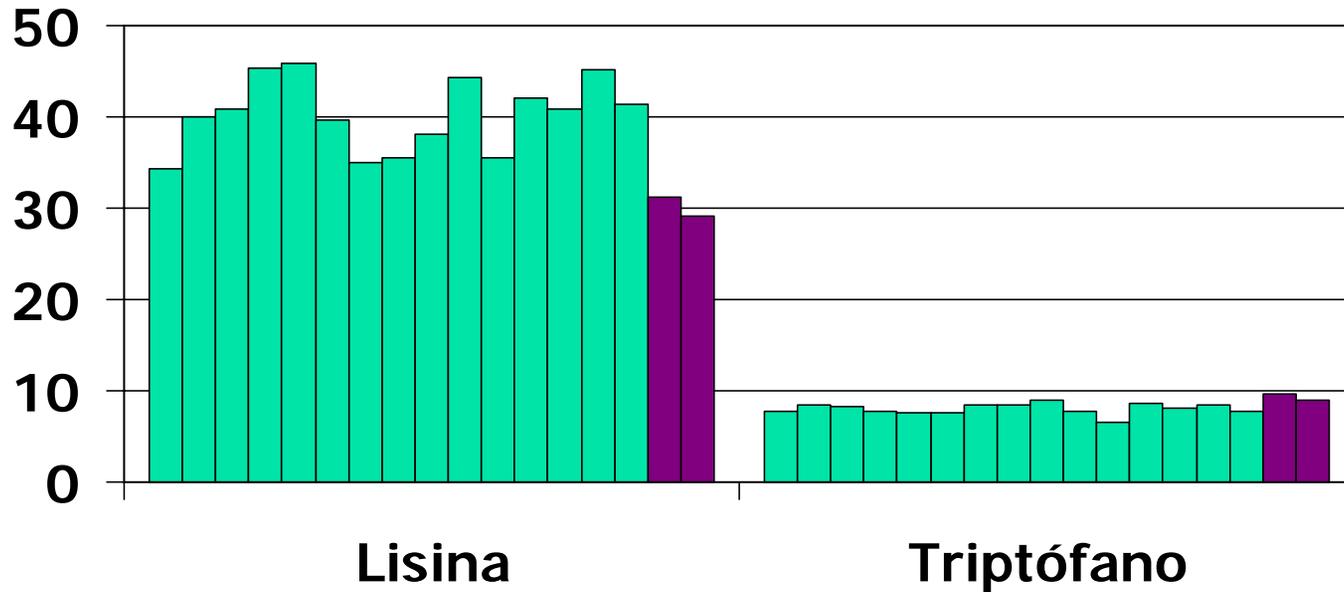
[h.pachon@cgiar.org](mailto:h.pachon@cgiar.org)





# Concentración Nutricional: Maíz de Alto Valor Proteico (QPM)

**Lisina y Triptófano (g/100 g proteína) en 15 Líneas de QPM y 2 Variedades Comerciales**



(Zarkadas et al., 2000; Northern adapted cultivars)