

# Biofortificación de la papa para contribuir a disminuir los niveles de desnutrición: avances y perspectivas



**Gabriela Burgos, Merideth Bonierbale, Walter Amoros y Thomas zum Felde**  
**Centro Internacional de la Papa, Lima, Peru**

**Taller Internacional:**  
**La Papa en la Seguridad Alimentaria y en la Calidad de la Nutrición Humana**  
**24 y 25 de Junio de 2013, Bogota, Colombia**

# ¿ Que es la Biofortificación?



- **Una estrategia para reducir la desnutrición, mediante la adopción y consumo de cultivos de alimentos básicos mejorados como fuente rica en micronutrientes.**
- **Complementaria a la diversificación de la dieta, suplementación y fortificación alimentaria.**
- **Se obtienen beneficios nutricionales de los cultivos sin costos adicionales → estrategia sostenible.**

# Biofortificación para alto Fe & Zn en papa

- Concentración de Fe & Zn es relativamente baja, pero
- Biodisponibilidad de Fe puede ser mayor debido a:

*Alta concentración de vitamina C*

*Baja concentración de fitatos*

**Nutrientes objetivo primarios: Fe & Zn**

□ **Nutrientes objetivo secundarios:**  
**Promotores: vitamina C y carotenoides**  
**Inhibidores: compuestos fenólicos**



# Consideraciones para orientar la Biofortificación

**Ingesta del cultivo  
(g/ día)**

**Concentración del  
nutriente después**

**almacenamiento y  
procesamiento**

**Concentración  
del nutriente  
objetivo en el  
cultivo**

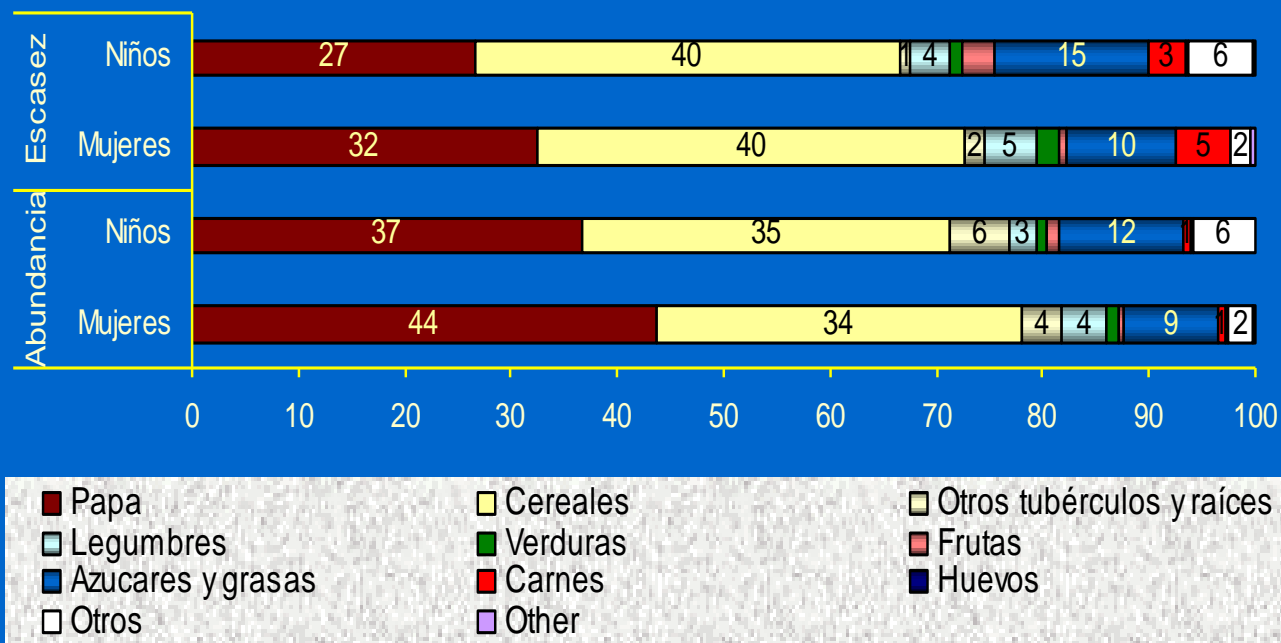
**Incremento  
requerido del  
nutriente**

**Biodisponibilidad  
del nutriente**



# Zonas objetivo para la biofortificación de la papa: Poblaciones en riesgo de desnutrición con alto consumo de papa

Contribución de la papa y de otros alimentos a la ingesta total de energía en niños y mujeres de Huancavelica, Perú.

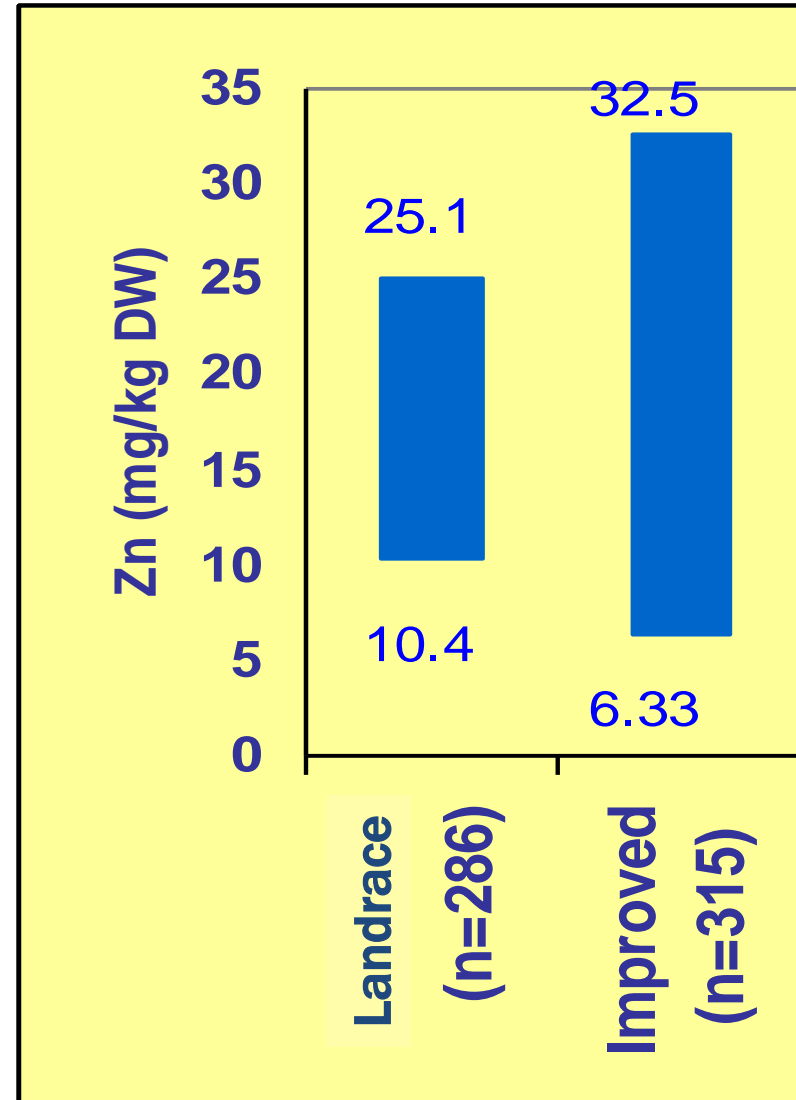
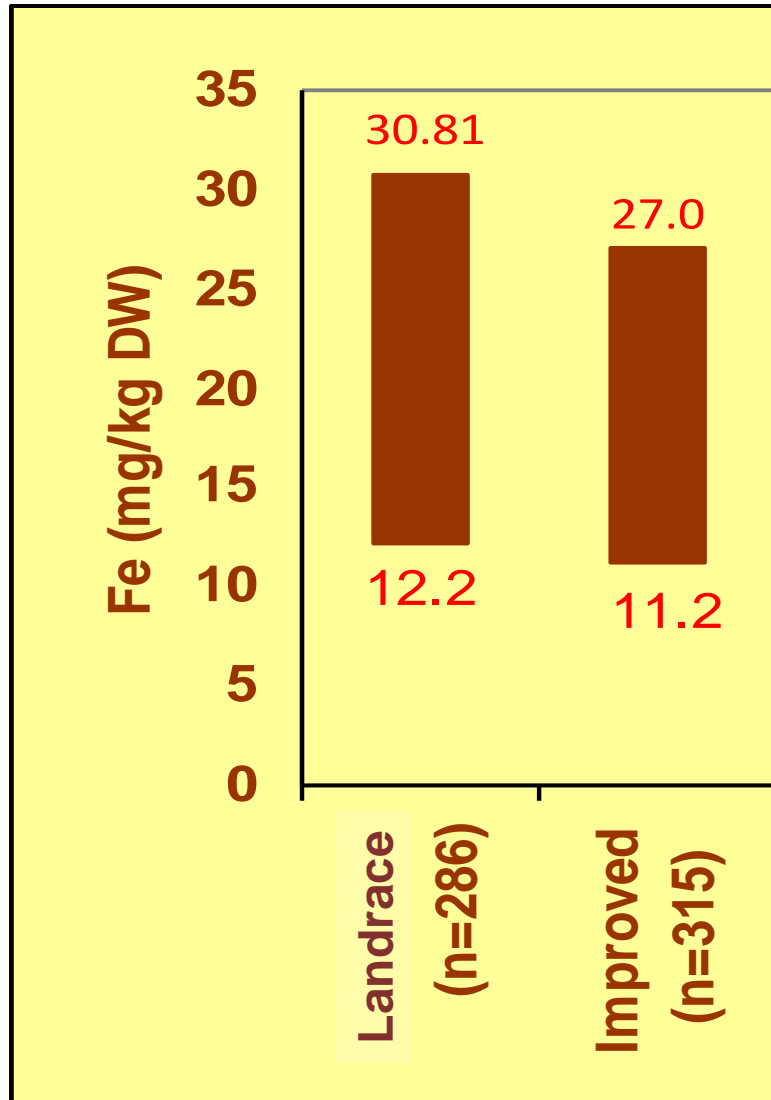




# Materiales genéticos: colección mundial de papas mejoradas y nativas y poblaciones mejoradas por el CIP

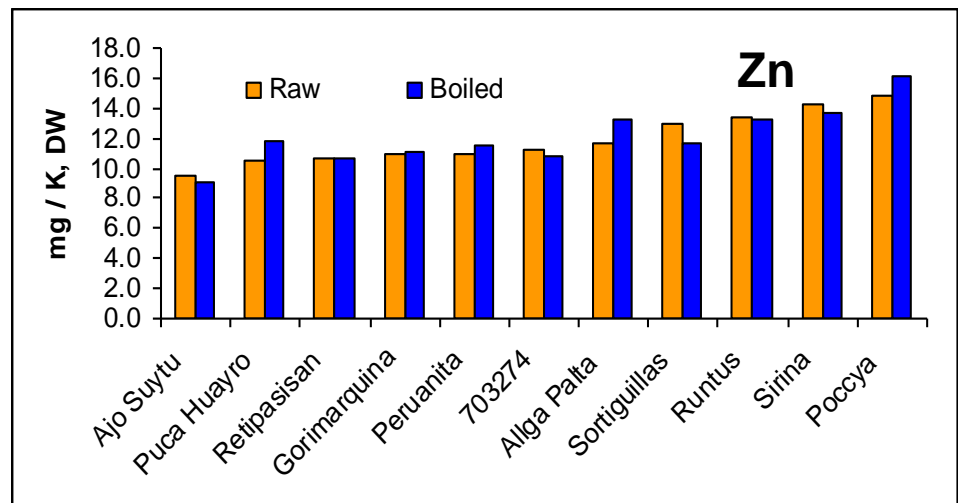
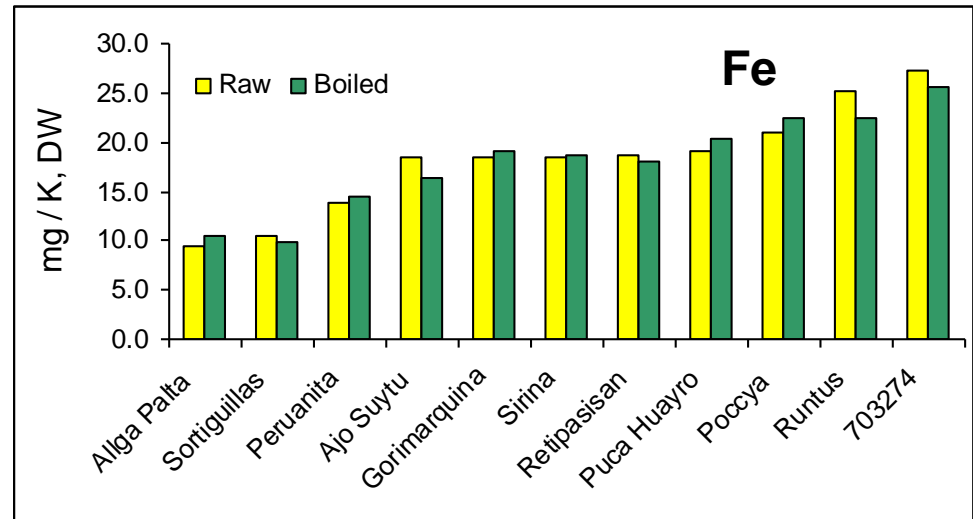


# Variabilidad en recursos genéticos de papa para concentraciones de Fe & Zn



# Retención de Fe & Zn tras la ebullición

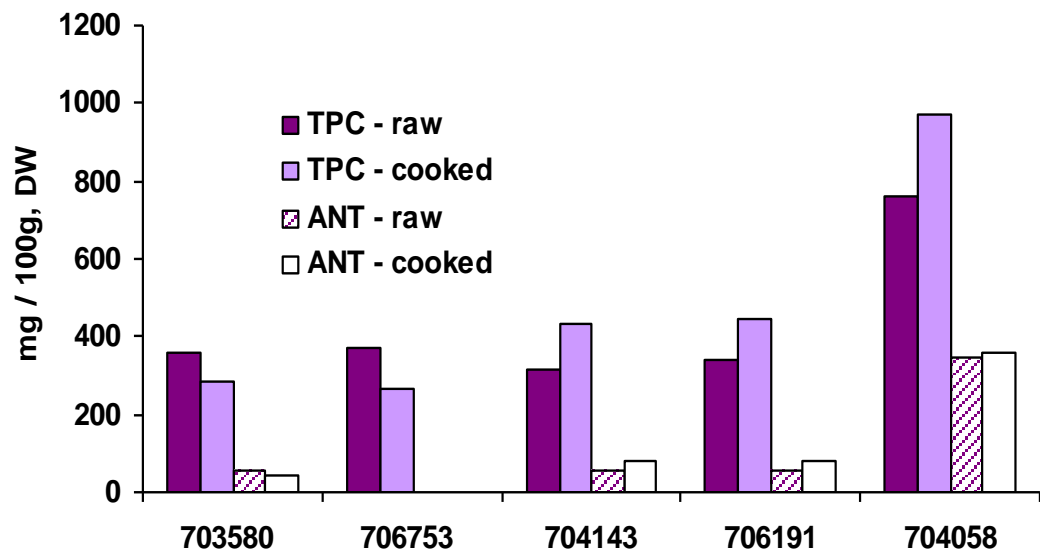
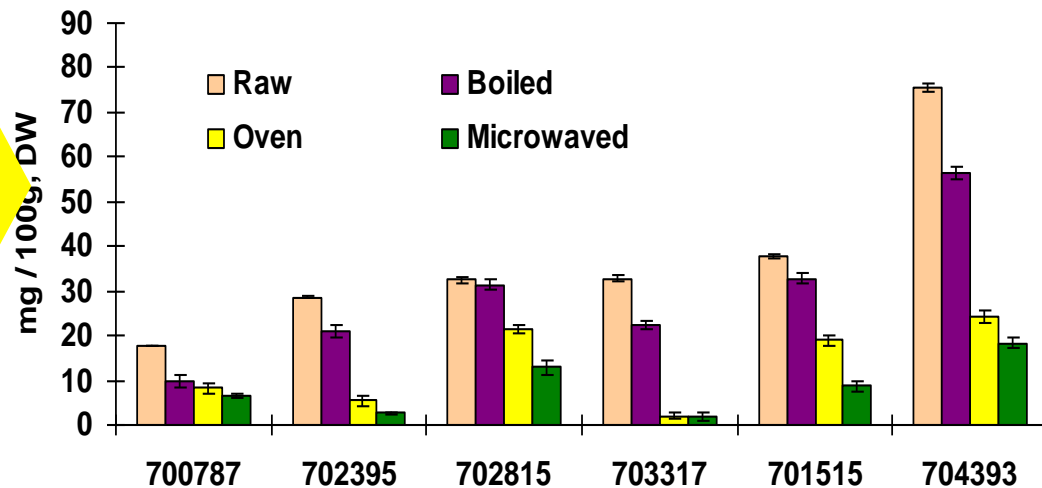
No hay reducciones significativas en la concentración de Fe & Zn tras la ebullición





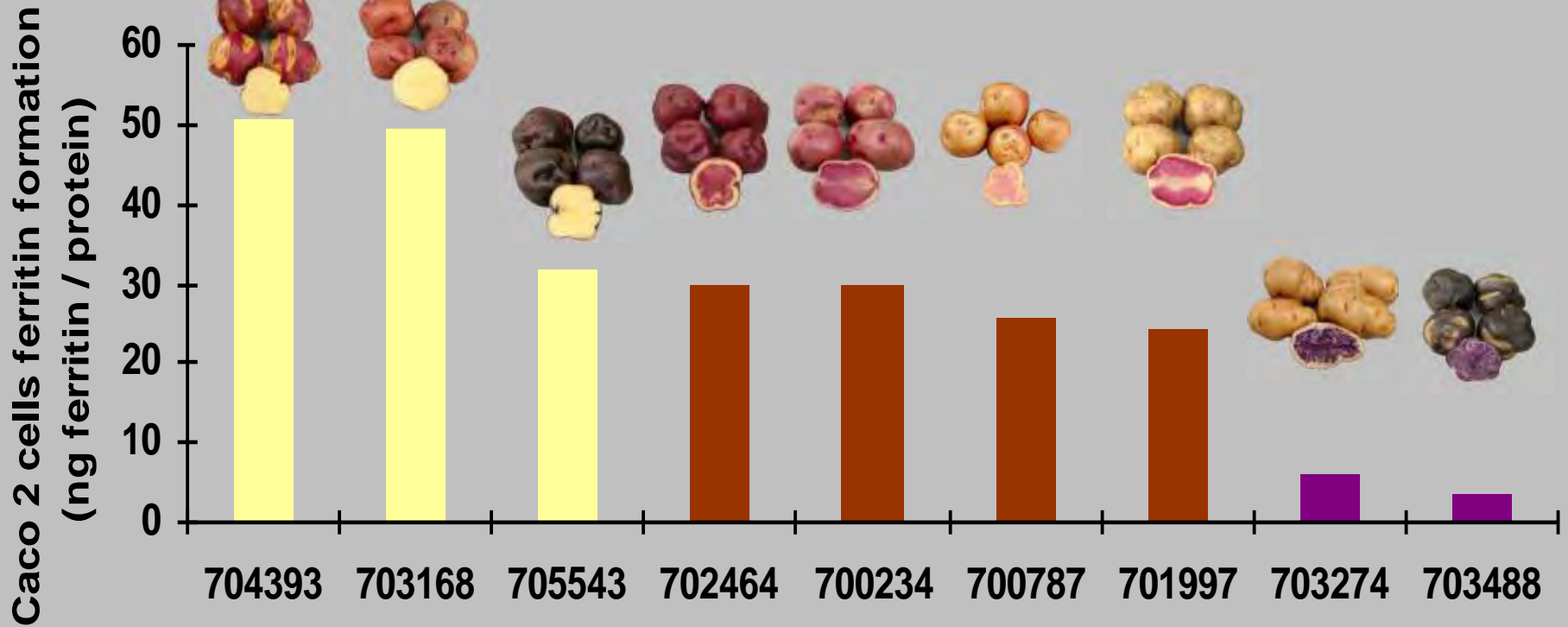
# Retención de ácido ascórbico y compuestos fenólicos tras la cocción

La reducción en la concentración de ácido ascórbico depende del método de cocción y la variedad



La concentración de fenólicos puede disminuir o aumentar con la cocción

# Biodisponibilidad de Fe en papas nativas (ensayo in vitro con células Caco-2)

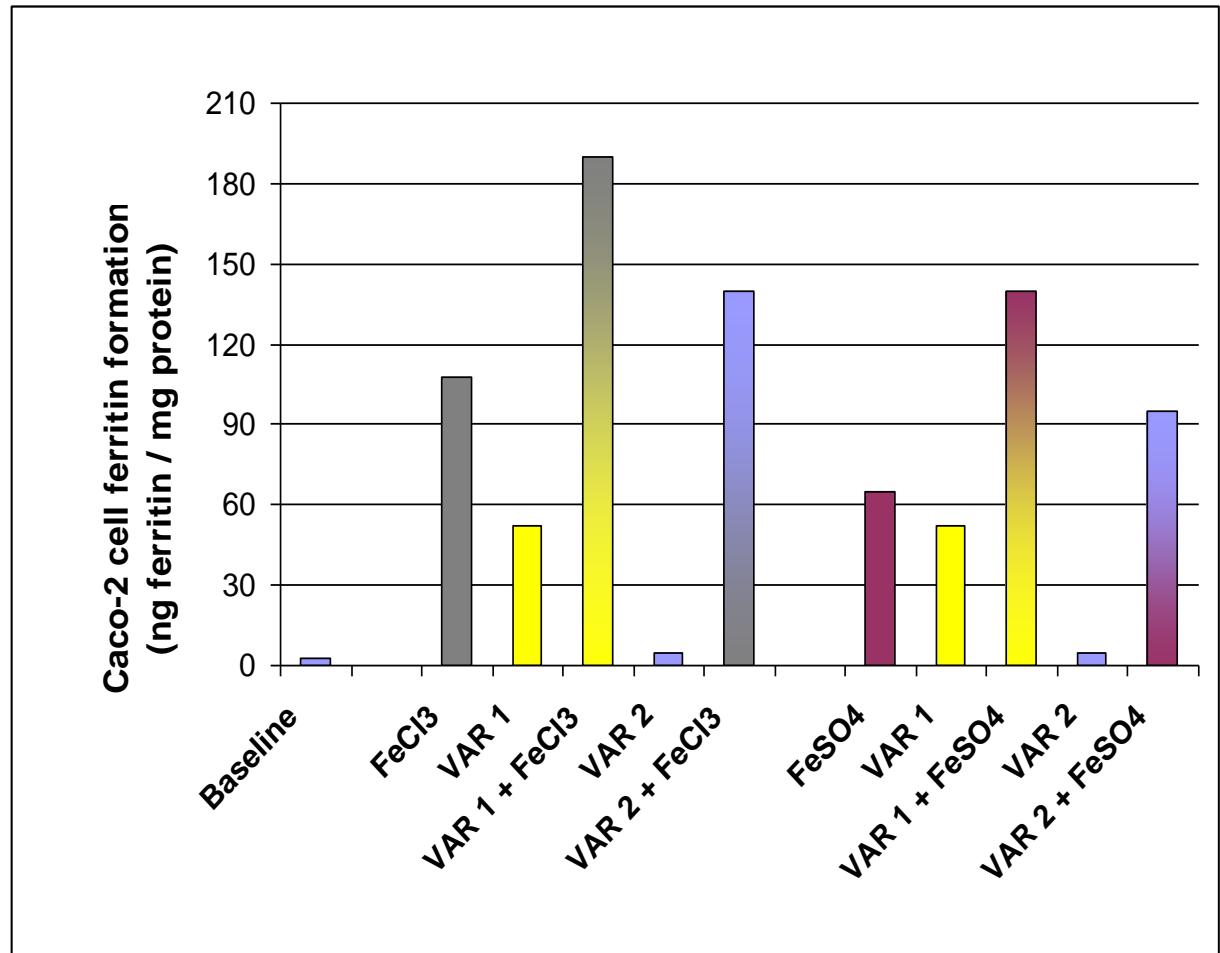


En colaboración con Cornell University

# Complementariedades entre cultivos: Implicancias de la dieta en la biodisponibilidad



**La papa mejora la biodisponibilidad de Fe de fuentes extrínsecas**



# **Mejoramiento: Fases de la biofortificación**

- 1. Identificación de la variación genética útil y de los progenitores más prometedores.**
- 2. Programas de cruzamiento de largo plazo y cruzamientos recurrente.**
- 3. Entendimiento de la genética, la estabilidad y la influencia de los factores ambientales y de suelo .**
- 4. Selección adaptativa y participativa de los nuevos genotipos biofortificados bajo un rango de ambientes y prácticas locales.**



# Grupo I



♂  
703421  
Stn

X



# Grupo II

♂  
703825  
Gon



X

♀s

♀s



702815  
Stn

703291  
Phu

703825  
Gon

704393  
Gon

703168  
Gon

703831  
Gon

703352  
Gon

701165  
Phu

✓



303846



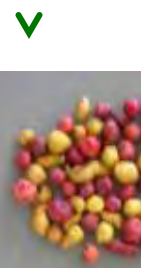
303845



303842



303841



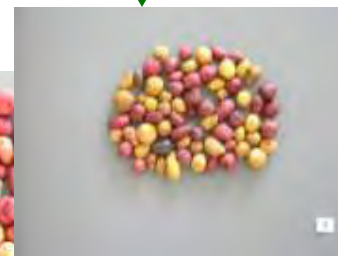
303832



303826



303828



303835

# Selección recurrente para incrementar Fe & Zn

## Mejoramiento a nivel tetraploide (4x)

- Cruces  
Resistencia a enfermedades +  
tolerancia al stress abiótico x Fe & Zn
- Evaluación de la familia – Tamizado de Fe & Zn
- Tamizado de los clones seleccionados para resistencia a enfermedades y Fe & Zn

## Mejoramiento a nivel diploide (2x)

- Población base y entrecruzamiento para el ciclo I
- Cruces  
Clones diploides seleccionados con alto Fe & Zn del ciclo II
- Evaluación de la familia & tamizado de Fe & Zn
- Evaluación de clones diploides seleccionados con alto Fe & Zn

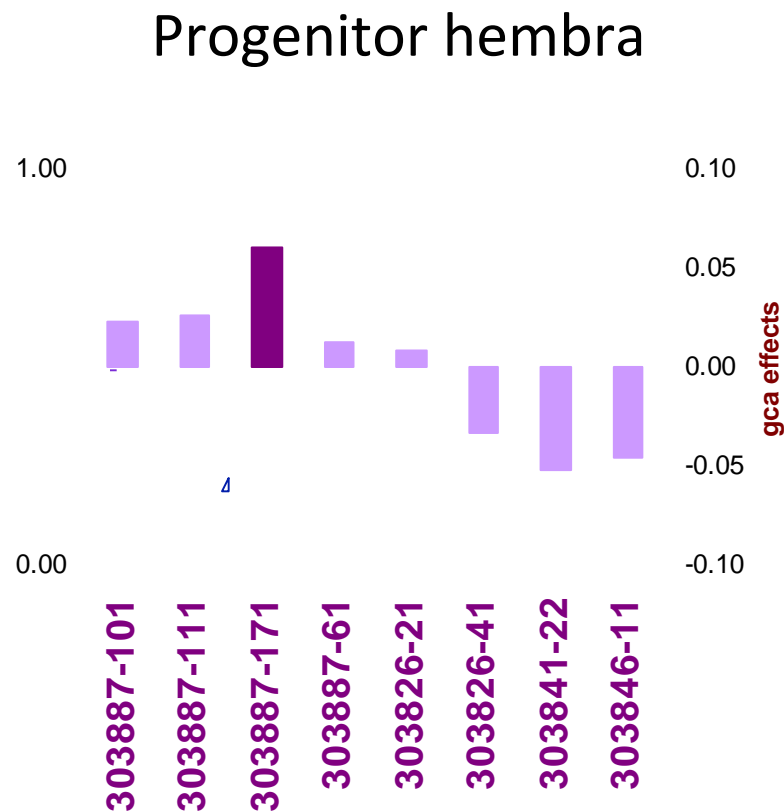
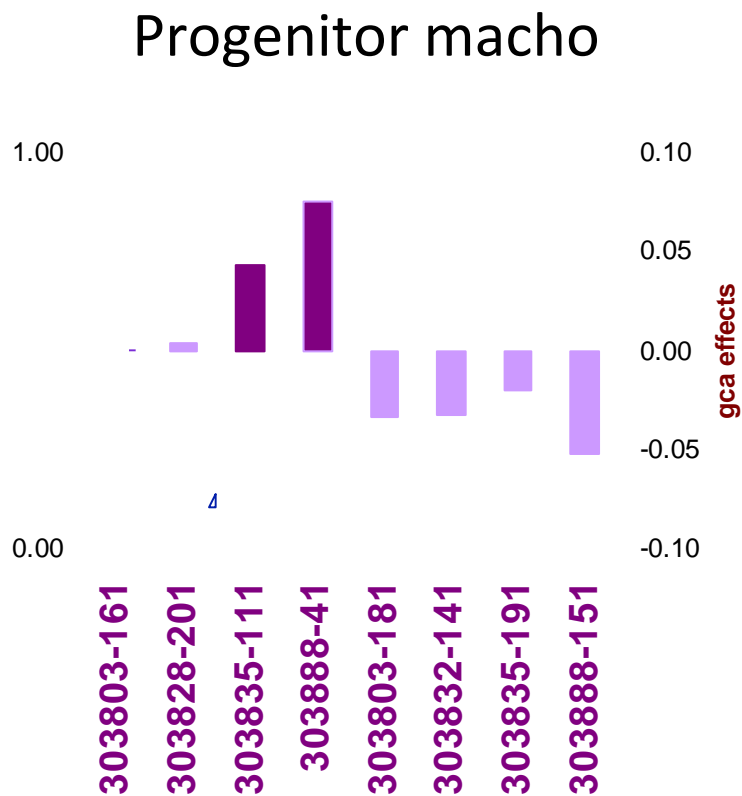
▪ Cruces 4X x 2X (gametos 2n)

▪ Selección a nivel tetraploide para Fe & Zn y resistencia a enfermedades

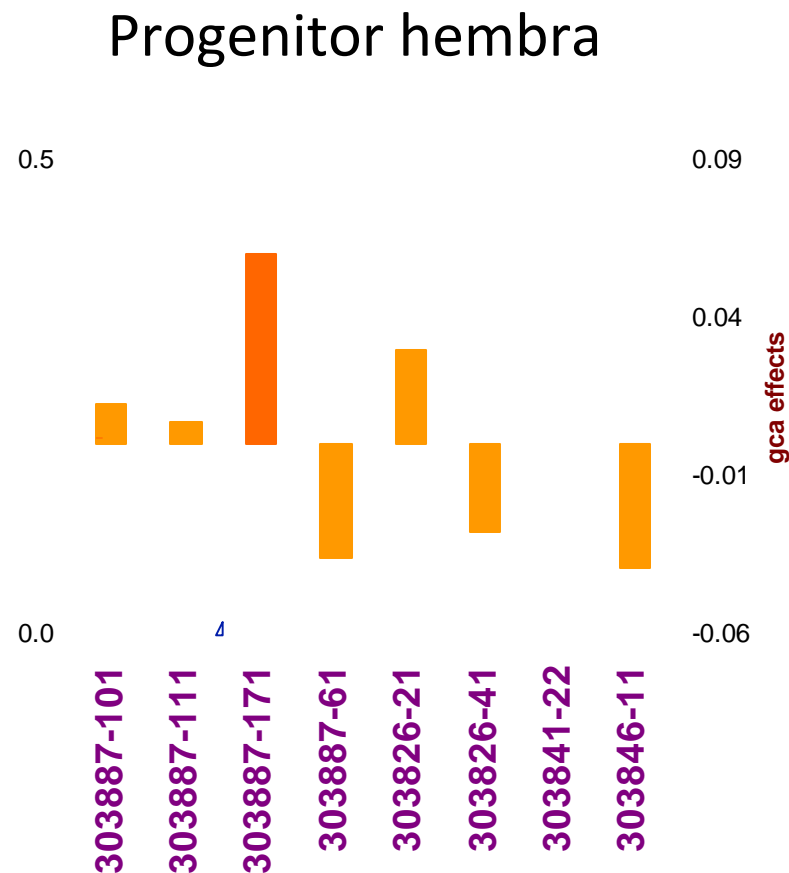
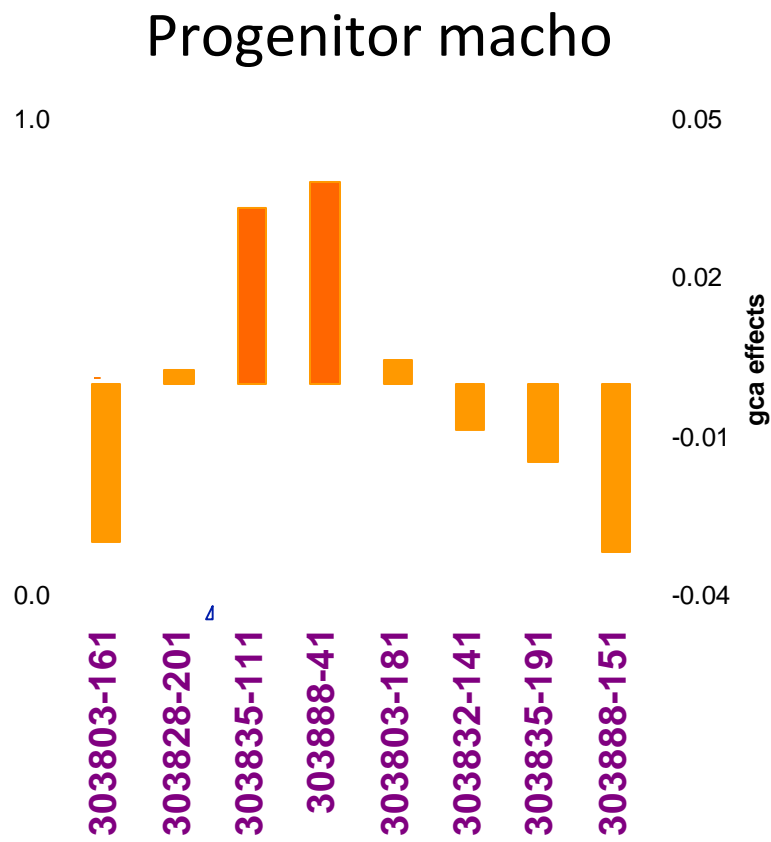
Selección de variedad diploide

Selección de variedad tetraploide

# Efectos de la HCG en la concentración de Fe: selección de progenitores

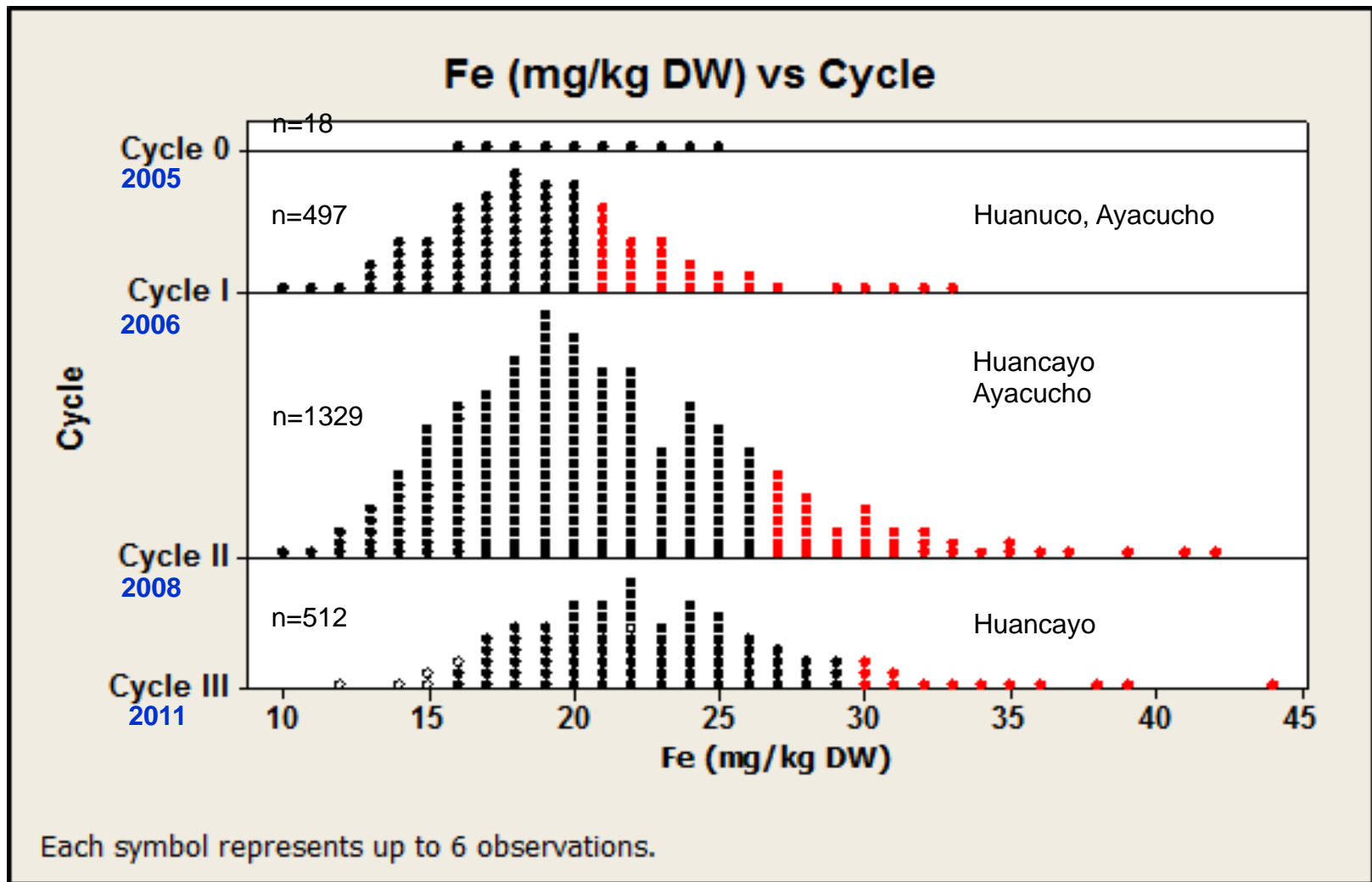


# Efectos de la HCG en la concentración de Zn: selección de progrenitores

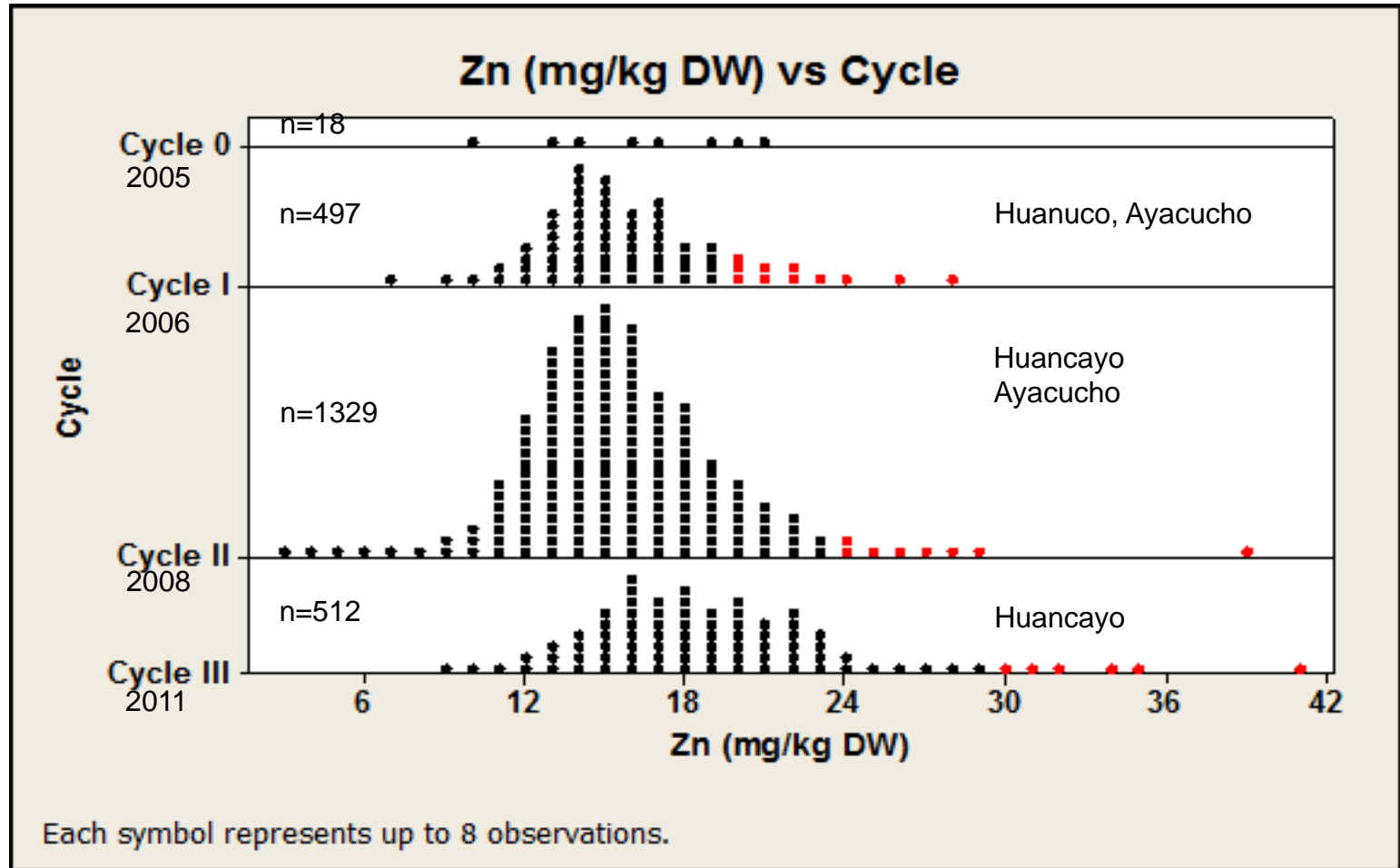




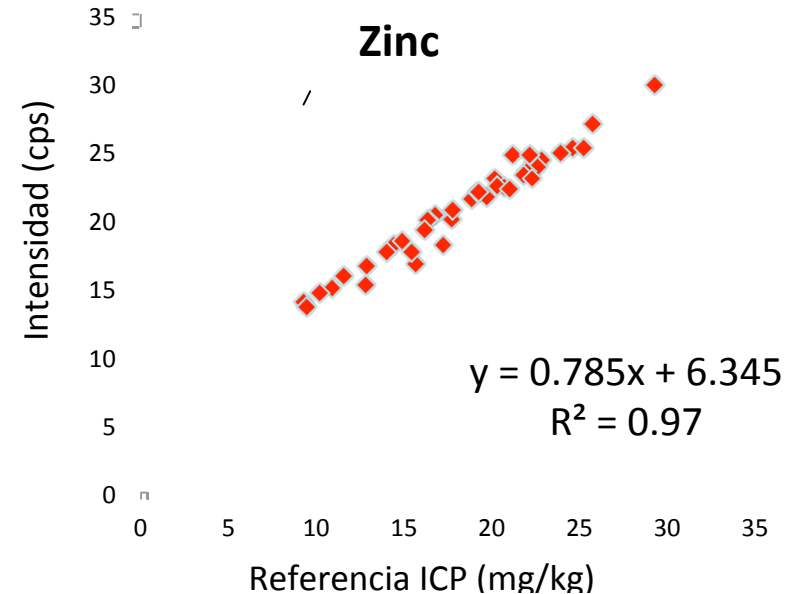
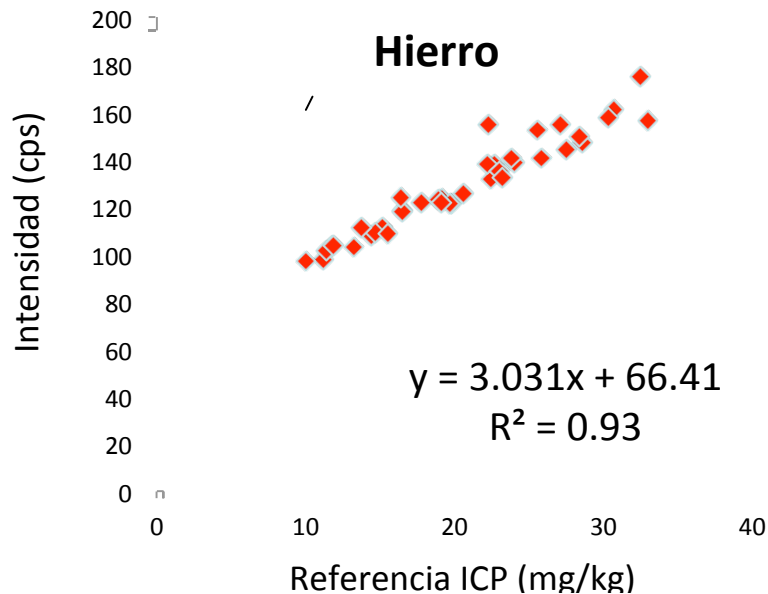
# Ganancia genética para Fe a nivel diploide a través de 3 ciclos de selección recurrente



# Ganancia genética para Zn a nivel diploide a través de 3 ciclos de selección recurrente



# Calibración de XRF (espectroscopía de la fluorescencia de los rayos X) para papa molida y liofilizada



Característica	Nº	Rango (mg/kg)		Calibración	
		min	max	r <sup>2</sup>	SEC
Hierro	40	10	33	0.93	1.44
Zinc	40	9	29	0.97	0.99

Calibraciones preliminares para la concentración de hierro y zinc en muestras de tubérculos de papa.

**Por ser mejorado en el año 2013**

# Ensayos multi-ambientes (EMAs) para Evaluar la estabilidad y efectos de GxA

6 ambientes, DBCA, 3 repeticiones en Perú



Collpaccasa  
4067 m.s.n.m



Conayca  
4178 m.s.n.m



Ccasapata  
3765 m.s.n.m



Sotopampa 3754  
m.s.n.m



Rangra  
3323 m.s.n.m

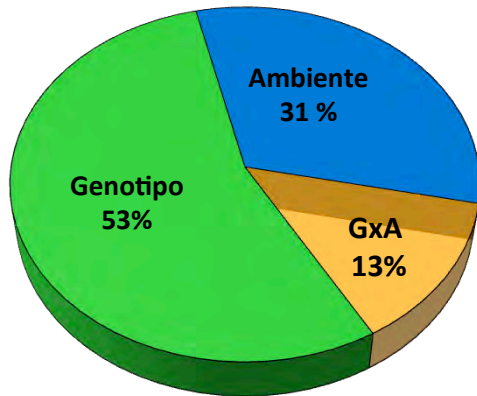


Huancayo  
3265 m.s.n.m

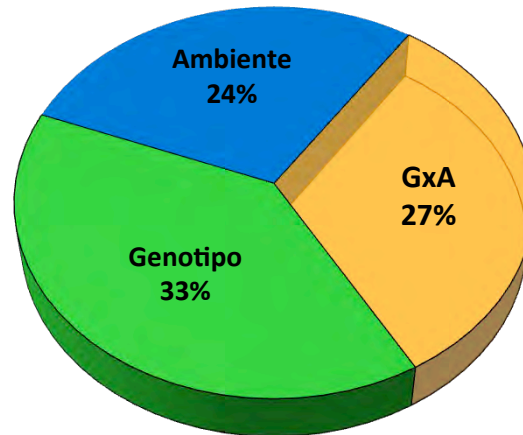


# Modelo de Efectos Principales Aditivos e Interacción Multiplicativa (AMMI) para evaluar la magnitud y naturaleza de la interacción GxA

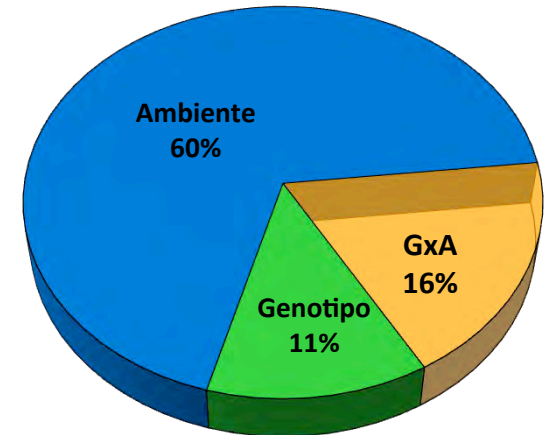
Vitamina C



Hierro



Zinc



Heredabilidad en sentido Amplio ( $H^2$ )

71 %

36 %

18 %

# Objetivo del mejoramiento complejo

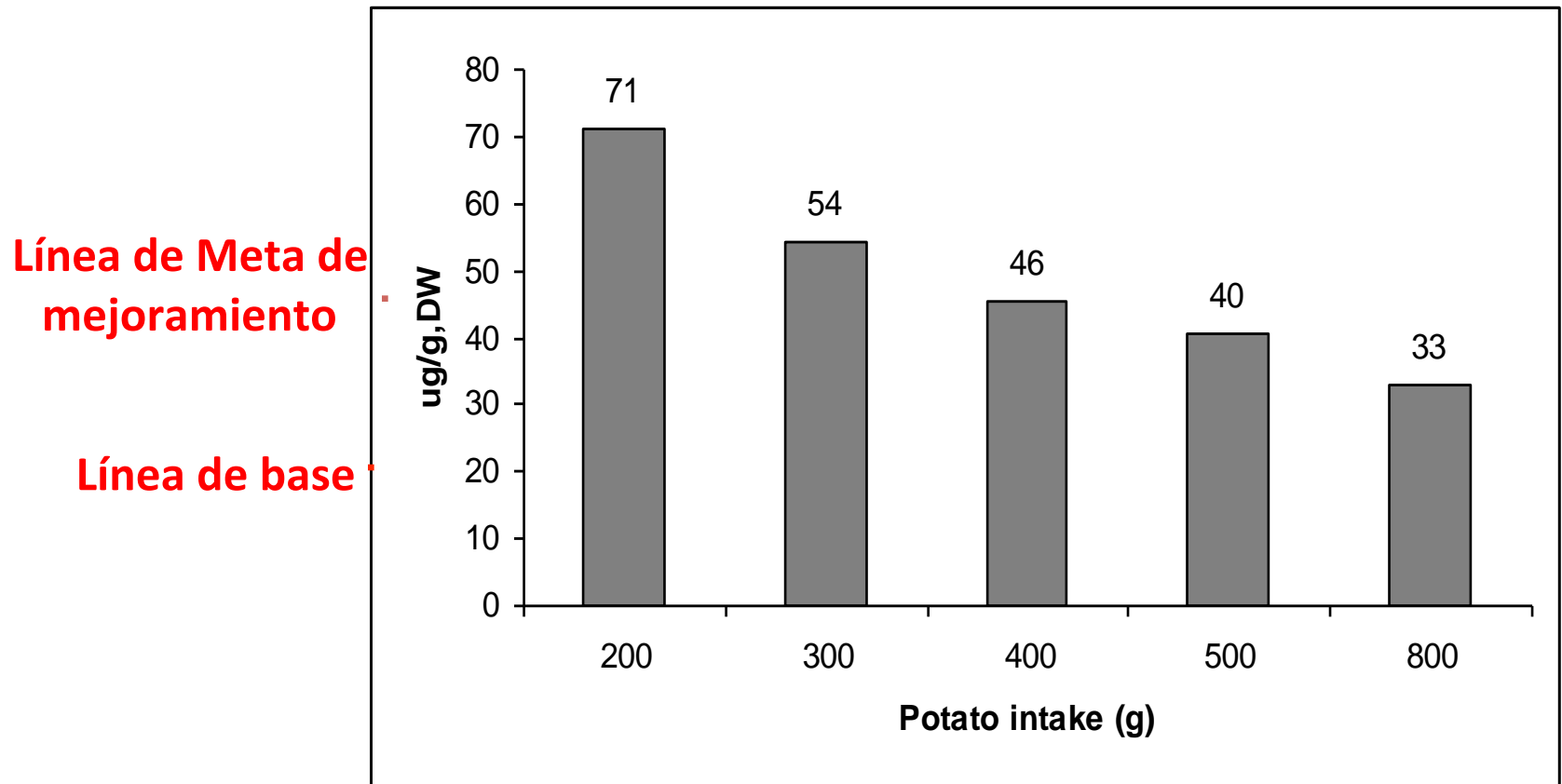


- Alto Fe
- Alto Zn
- Alta vitamina C
- Bajos compuestos fenólicos
- Incorporar ganancias genéticas realizadas a nivel 2x en poblaciones 4x de alto rendimiento y resistentes para el desarrollo de variedades

# Objetivo de mejoramiento para Fe en papa

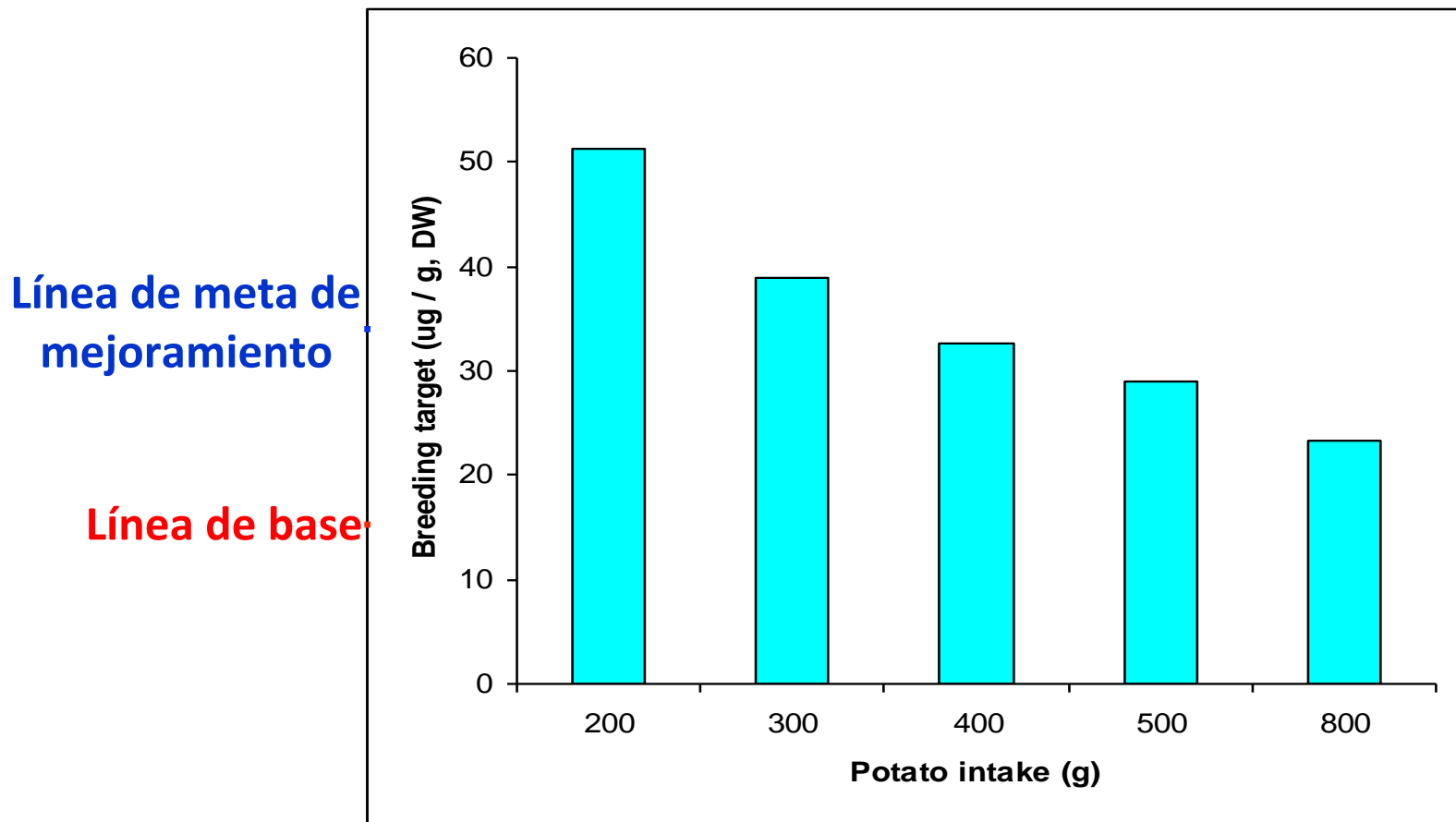
Mujeres en edad fértil

(considerando 15% de disponibilidad de hierro)



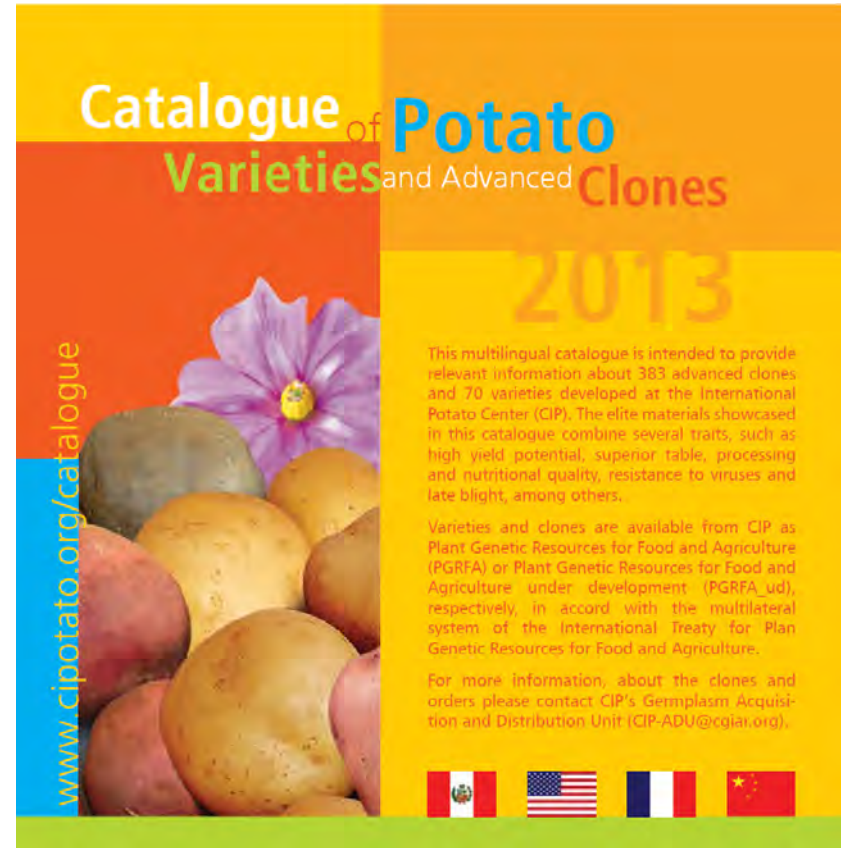
# Objetivo de mejoramiento para Zn en papa

Mujeres en edad fértil (no lactando ni embarazadas)  
considerando 35% de biodisponibilidad de zinc





# Entrega de clones y progenies para la selección de variedades e investigación



# Entrega: selección y lanzamiento de variedades ricas en micronutrientes en Perú

- \*Evaluación agrónoma
- \*Selección participativa de variedades
- \*Producción de semillas
- \*Lanzamiento de variedades
- \*Diseminación de variedades



21

Criterio de los productores	Puntaje		
	Hombres	Mujeres	
Tamaño del tubérculo	25	23	
Alto contenido nutricional	17	27	
Resistencia a gorgojo	12	21	
Resistencia a enfermedades	18	13	
Buen rendimiento	12	6	
<b>TOTAL</b>	<b>84</b>	<b>90</b>	<b>174</b>



# Conclusiones

- Después de 3 ciclos de mejoramiento se han conseguido ganancias significativas para la concentración de Fe y Zn.
- La biofortificación de papa podría contribuir a disminuir la desnutrición en zonas con consumo alto de papa.
- La selección participativa de las variedades o clones ricos en micronutrientes es importante a fin de asegurar la adopción de los mismos.



