

PROYECTO:

***“MEJORAMIENTO DE LA NUTRICIÓN HUMANA EN
COMUNIDADES POBRES DE AMÉRICA LATINA
UTILIZANDO MAÍZ (QPM) Y FRÍJOL COMÚN
BIOFORTIFICADO CON MICRONUTRIENTES”***



*Apoyado por el “Consejo Directivo del Fondo Regional de Tecnología
Agropecuaria” (FONTAGRO)*

RESUMEN EJECUTIVO

“Mejoramiento de la nutrición humana en comunidades pobres de América Latina utilizando maíz (QPM) y frijol común biofortificado con micronutrientes”

INFORME FINAL

(2007)

Coordinador: Matthew Blair, PhD
Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT
Tel: 57-2-445-0000 fax: 57-2-445-0073
E mail: m.blair@cgiar.org

Periodo: Septiembre 2004 a Diciembre 2007

Institutos integrantes:

- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT): E-mail: m.blair@cgiar.org COLOMBIA
- CENTRO DE INVESTIGACIONES FITOECOGENETICAS PAIRUMANI (CIFP). fitogen@albatros.cnb.net BOLIVIA.
- FUNDACION PARA LA INVESTIGACION Y DESARROLLO AGRICOLA (FIDAR). E-mail: fidar@colombianet.net. COLOMBIA
- INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGRÍCOLA (INIA) CENTRO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS DEL LARA. E-mail: lsalazar@inia.gov.ve VENEZUELA.
- UNIVERSIDAD AUTONOMA GABRIEL RENE MORENO (UAGRM). E-mail: pronlag@mail.cotas.com.bo BOLIVIA.
- UNIVERSIDAD DEL VALLE. E-mail: apradilla@emcali.net.co COLOMBIA.

Colaboradores:

CIAT: Matthew Blair, Carolina Astudillo, Steve Beebe, Gina Caldas, Helena Pachón
Bolivia : CFP: Teresa Avila, Gonzalo Avila // UAGRM: Juan Ortubé, Jose Padilla,
Colombia: FIDAR: José Restrepo, Pedro Ojeda, Daniel Villada // Univalle: Beatriz Gracia, C. Aguilar, Cristina Araujo, Mildrey Mosquera, Alberto Padilla, Cecilia Plata
Venezuela: INIA-Lara: Maria Elena Morros, Pablo Hernandez, CENIAP-Maracay: Ramiro de la Cruz, Margartet Gutierrez, Delis Pérez, Alberto Salih, Félix San Vicente
INIA Yaracuy: Bernardino Arias; INIA Sucre: Luís Carreño.

ANTECEDENTES:

Entre las posibles soluciones a la deficiencia de proteína y de otros nutrientes se encuentran las alternativas basadas en el mejoramiento genético de algunos cultivos, la cual permite ser una estrategia a largo plazo de menor costo que el de suministrar suplementos vitamínicos y minerales o el de fortificar los alimentos mediante procedimientos industriales en posproducción.

Esta propuesta de investigación busca a partir de la agrobiodiversidad local, evaluar y producir nuevos materiales de maíz y frijol de alto contenido de minerales y proteínas por mejoramiento genético como alternativa para mejorar la nutrición de comunidades pobres del sector urbano y rural de Bolivia, Colombia y Venezuela. Para su ejecución se cuenta con un equipo multidisciplinario de médicos, nutricionistas, trabajadores sociales, mejoradores y agrónomos de seis instituciones especializados en el tema de la nutrición y el mejoramiento genético.

El proyecto se está realizando durante un período de tres años en el sur occidente de Colombia que comprende los departamentos de Cauca, Valle del Cauca y Nariño; en Cochabamba y Santa Cruz de la Sierra en Bolivia y en el estado de Lara en Venezuela.

OBJETIVO GENERAL:

Desarrollar y evaluar una estrategia para incrementar y conservar la agrobiodiversidad de frijol y maíz como mecanismo para mejorar los sistemas de producción, la seguridad alimentaria y la nutrición en comunidades vulnerables del sector urbano y rural de la zona andina.

OBJETIVOS ESPECIFICOS Y ACTIVIDADES DESARROLLADAS:

- 1- Caracterizar la diversidad de frijol y maíz en las regiones de influencia del proyecto y utilizar esta, como base para el mejoramiento de variedades de alto contenido nutricional.***

Se evaluaron variedades de frijol de los tres países socios del proyecto:

Bolivia: se analizaron un total de 248 accesiones de los 250 producidos en el Centro Fitogenético Pairumani originales del banco de germoplasma de esa institución. El grano triturado fue evaluado para contenido Fe y Zn por la metodología de Absorción atómica (AA) en el laboratorio de servicios del CIAT. El rango de concentración de hierro fue de 40 ppm a 100 ppm y la de zinc fue de 20 ppm a 51 ppm y se notaron diferencias entre las cuatro especies evaluadas (*Phaseolus augustii*, *P. coccineus*, *P. lunatus* o Pallar y *P. vulgaris* o Frijol Común) además hubieron diferencias entre frijol común cultivado y silvestre.

Colombia: se han evaluado un total de 98 genotipos para su contenido de hierro y zinc en el grano en el CIAT de variedades liberadas en Colombia (total de 40) y variedades locales colectadas por FIDAR en los departamentos de Cauca y Nariño. Se publicaron dos artículos sobre estos estudios.

Venezuela: se evaluaron un total de 63 genotipos incluyendo líneas avanzadas y variedades liberadas Venezolanas (27) y selecciones del vivero VAM (36). Los datos de minerales obtenidos en CENIAP se validaron con análisis en CIAT de grano triturado.

2- *Análisis y evaluación de germoplasma local e introducido de maíz y frijol por su desempeño agronómico y contenido nutricional con participación de los técnicos y agricultores de cada región.*

a) Frijol:

Para frijol de grano Andino, esta actividad se realizó con líneas avanzadas del CIAT sembradas en Darién, Palmira y Popayán (Colombia) para pruebas iniciales y en Santa Cruz de la Sierra (Bolivia) con UAGRM para validación. Materiales incluyeron dos viveros de frijoles arbustivos: 64 líneas NUA (Nutricion Andina) y 55 líneas BIF (Frijol de “Backcross Inbred”) en Bolivia (100 NUAs en Colombia). También se trabajó con dos viveros de frijoles volubles: líneas NUV que están bajo desarrollo para climas medios y calidos. Además en el CIAT, evaluamos el contenido de taninos en 38 variedades de diferentes colores de grano donde se notó que frijoles rojos y cafes por lo general contienen mas de este anti-nutriente que los frijoles blancos y cremas. Mientras tanto, FIDAR logró evaluar en seis localidades el comportamiento agronómico y nutricional en diferentes ambientes de la zona andina de Colombia, de las líneas de fríjol NUA45 y NUA35 de alto contenido de hierro y zinc. FIDAR en colaboración con CIAT hicieron experimentos para entender los mecanismos para la absorción, acumulación y translocación de los micronutrientes que las plantas toman del suelo. Para su realización se escogieron dos líneas (NUA45 y NUA35) y una variedad de fríjol (ICA QUIMBAYA) que de acuerdo a los análisis de laboratorio muestran un contenido alto de Fe y Zn y una línea (NUA30) y una variedad (CAL96) que tienen bajo contenido de Fe y Zn. En Bolivia también se realizaron experimentos con fertilización foliar con microelementos.

Para fríjol Mesoamericano, INIA ha llevado a cabo en el Campo Experimental Cariaco, del estado Sucre, la reproducción de siete materiales promisorios de caraotas con altos contenidos de hierro y zinc (VICTORIA=WAF-18, C. BLANCO; CA013F2-3-6-MS-MS; SEL-7 (DOR-454); MDG-01-99-14; DOR-470; MEM-03-02-021; y MEM-03-02-017) provenientes del INIA Lara. Con el objetivo de evaluar y a la vez multiplicar con grupos de pequeños productores de las comunidades rurales, nuevas variedades que enriquezcan su dieta, para así promover una mejor alimentación entre los integrantes de éstas comunidades. Los materiales producidos fueron entregados en el 2006 a 12 productores de las comunidades rurales de Quebrada de la Niña, Pitotan, La Montañita y

la Horquetica de San Agustín, Municipio Cagigal del estado Sucre. Algunos de los mismos materiales fueron ensayados en el estado de Yaracuy que tiene condiciones de clima y de suelos aptos para la producción de caraota, además, existen agricultores con experiencia en la producción y se registra un consumo alto de este rubro en la población. También en el 2007 se evaluaron en el estado Portuguesa 3 líneas con resistencia a mancha angular, 2 líneas con resistencia múltiple, 8 líneas altas en minerales y 23 líneas resistentes a sequía. En los ensayos de Sucre y Yaracuy se usó la metodología de Investigación Participativa y se realizaron evaluaciones con los agricultores y técnicos durante el desarrollo del cultivo. En el ensayo de Portuguesa se comparó líneas avanzadas con controles en el programa nacional de semilla. Finalmente, en la localidad de Samán Mocho, estado Carabobo, durante el período noviembre 2006- febrero 2007, se realizó un ensayo bajo condiciones de secano, un problema prevalente en la zona, con 49 genotipos en 3 replicaciones para evaluar adaptación, incidencia de plagas y enfermedades y rendimiento de líneas MIB principalmente observando rendimientos significativos de un grupo de 13 materiales, siendo éstos superiores a los 2000 kg/ha, el rendimiento promedio nacional venezolano está alrededor de los 800 kg/ha. Tres de materiales son de color negro y tamaño de grano pequeño, características fundamentales para las variedades promisorias en Venezuela y como se observó segregación en algunos materiales se realizó ciclos de selección. En Bolivia se evaluaron 8 frijoles blanquillos (navy), 32 frijoles rojo pequeño, y 8 frijoles negros cada uno en un experimento aparte.

b) maíz QPM:

En Colombia, FIDAR realizó tres tipos de actividades para maíz QPM; la primera, relacionada con la evaluación en campo con participación de agricultores de híbridos y variedades de maíz normal y QPM de grano blanco y amarillo en once municipios de cuatro departamentos (SO3TLWQAB03, S03TLWQAB05, S03TLYQAB05, S99TLYQGAB05, (CML264/CML273Q)CML491, CLQRCWQ10/CLQ315)CML491 y el (CML144/CML159)CML502). Los anteriores materiales, fueron también comparados con los híbridos y variedades comerciales locales: H-112, FNC-3056, ICA V-305 y el ICA V-354. De acuerdo a los resultados de los ensayos donde se establecieron los híbridos y variedades de maíz QPM, el mejor híbrido, al realizar el análisis estadístico en las once localidades, fue el (CML264Q/CML273Q) CML491 con rendimiento de 5.28 Ton/Há, seguido por el híbrido (CLQRCWQ10/CLQ6315) CML491 con rendimiento de 4.83 Ton/Há y el testigo comercial FNC-3056 con 4.83 Ton/Há. En relación a las variedades, las de mejor desempeño fueron los materiales sintéticos S03TLWQAB05 con rendimiento promedio para los 11 sitios de 4.61 Ton/Há y la SO3TLYQAB05 con 4.57 Ton/Há seguidos de las variedades S03TLWQAB03 con 3.91 Ton/Há y S99TLYQGHAB 3.90 Ton/Há. Las variedades testigo ICA-V305 de color amarillo y la variedad ICA V-354 de color blanco tuvieron rendimientos de 3.73 Ton/Ha para la primera y de 3.81 Ton/Ha para la segunda. Como se puede observar las variedades sintéticas QPM presentaron rendimientos muy cerca al de los híbridos. Los anteriores rendimientos no fueron muy altos porque a pesar del riego, algunos ensayos fueron afectados por sequía, especialmente en el llenado del grano.

La segunda actividad de FIDAR estuvo orientada a la evaluación agronómica de variedades blancas y amarillas, con el fin de obtener registro ICA de por lo menos dos variedades de maíz QPM. Las variedades de mejor desempeño fueron los materiales sintéticos S03TLWQAB05 con rendimiento promedio para los 11 sitios de 4.61 Ton/Há y la SO3TLYQAB05 con 4.57 Ton/Há seguidos de las variedades S03TLWQAB03 con 3.91 Ton/Há y S99TLYQGHAB 3.90 Ton/Há. Las variedades testigo ICA-V305 de color amarillo y la variedad ICA V-354 de color blanco tuvieron rendimientos de 3.73 Ton/Ha para la primera y de 3.81 Ton/Ha para la segunda. Las dos mejores variedades sintéticas QPM que presentaron buena adaptación y rendimiento en los ensayos cosechados en el primer semestre del 2007 fueron sembrados con otros materiales de maíz normales y QPM y dos testigos locales en ocho ensayos en cuatro localidades de los departamentos de Cauca, Valle del Cauca y Risaralda. Estos ensayos vienen siendo visitados por técnicos del ICA con el fin de evaluarlos y emitir el concepto sobre el registro para por lo menos dos variedades QPM. La tercera actividad está relacionada con lotes de producción de semilla de híbridos y variedades sintéticas de maíz QPM, con el fin de dar a conocer las bondades del maíz QPM a nivel de agricultores, técnicos de la Federación Nacional de Cerealistas (FENALCE) y de otras ONG y UMATAS que trabajan con programas de seguridad alimentaria en Colombia.

Mientras tanto, en Bolivia hay un programa de mejoramiento y pruebas de validación para el maíz QPM. En el programa de fitomejoramiento se están formando nuevos genotipos con alto contenido de lisina y triptófano del endospermo, aminoácidos importantes especialmente para mejorar la dieta proteínica de los niños con problemas de nutrición, a través de cruza, y tienen por objetivo lograr adaptación para cuatro ambientes y clases comerciales. Los logros para esta última fase del proyecto han sido los siguientes:

- 1) Formación de una variedad choclera con adaptación subtropical a tropical, sobre la base del retrocruzamiento de (Ancho X Tuxpeño opaco-2) X Tuxpeño opaco-2, variedad denominada Aychasara-102, para la zona tropical de Chapare, teniendo de esta manera los agricultores la posibilidad de producir choclo durante la época invernal alcanzando precios interesantes para su economía, cuando en los mercados urbanos escasea la oferta de este producto. Durante el año agrícola 2006/7, en un ambiente aislado de Pairumani, esta variedad nueva fue sometida a un último ciclo de recombinación y selección, considerando los aspectos de rendimiento en grano, el fenotipo de mazorca seleccionado para un tamaño mediano de grano de 10 a 14 hileras/mazorca, altura de planta e inserción de mazorca en equilibrio, tolerancia de la planta ciertas especies de virus y micoplasmas, tolerancia a patógenos causantes de pudriciones de mazorca como *Fusarium ssp.* muy común en ambientes de producción de maíz blando; conformando así la semilla genética de una nueva variedad trabajada en el CIFP.
- 2) Formación de una variedad QPM de grano amarillo para zonas tropicales para materia prima para la elaboración de productos alimenticios de consumo tradicional como el pan de maíz (en combinación con harina de trigo), las rosquillas, biscochos y otros típicos de las zonas bajas; como también para la

elaboración de api o mazamorra de color amarillo, que podría utilizarse como desayuno escolar tanto en los medios rurales como urbanos. Para esta variedad se realizaron cruzamientos entre líneas de grano normal y color amarillo por la variedad Tuxpeño opaco-2 de grano blanco y endospermo suave o amiláceo. Luego, sobre la base de selección de granos segregantes para color amarillo y endospermo harinoso (obtenidos mediante varios ciclos de autofecundación y la realización de una serie de cruzamientos manuales entre plantas seleccionadas por su capacidad adaptativa a zonas de ambiente tropical como Chapare), se realizaron ciclos de recombinación para lograr los siguientes caracteres: sanidad de planta y mazorca, altura de planta e inserción de mazorca, rendimiento en grano, prolificidad, color amarillo intenso de grano y lo más importante la presencia del gene opaco-2. La variedad nueva tiene una potencial interesante para rendimiento en grano debido a un buen índice de prolificidad (1.18 mazorcas/planta) y también por el aspecto nutricional.

- 3) Formación de una variedad QPM de granos negros para zonas de valle utilizando una variedad Kulli de ciclo precoz de grano normal y rendimientos bajos, muy apreciada por el color del grano para la elaboración de api (consumido como desayuno), y la variedad mejorada Tuxpeño opaco-2 (con altos contenidos de lisina y triptófano, además tolerante al ataque de enfermedades fungosas, virósicas y/o micoplásmicas). La nueva variedad es de grano morado intenso a negro, de alta calidad de proteína, de rendimientos superiores al de las variedades Kulli locales, con mayor tolerancia a las enfermedades del medio y ciclo semi-precoz, este último carácter resulta ser muy importante para el cierre de un ciclo de siembra de un agricultor cuando el periodo de lluvias han sido retrasadas significativamente. Se aplicó a este material una serie de ciclos de recombinación y selección que se precisan para fijar el color oscuro en el grano, fijar el gen opaco-2 y los caracteres deseables. Durante el período agrícola 2006/7 se sembró en un lote aislado perteneciente al CIFP, un 7mo. ciclo de recombinación y selección, obteniendo como resultado la semilla genética con un rendimiento en grano aproximado de 4700 kg/ha, índice de inserción de mazorca de 0.47 (alt. maz. / alt. plta.), 70 días a la floración femenina, 87% de grano con relación a la mazorca completa, grano morado a negro en un 85%, grano amiláceo próximo a un 90% y buena tolerancia a enfermedades de planta y mazorca.
- 4) Formación de una variedad choclera QPM de ciclo semi-precoz para zonas de valle. Esta variedad, denominada Aychasara-9, se originó a partir del cruzamiento de Aychasara-8 (de ciclo precoz, grano blanco, textura amilácea, susceptible a las enfermedades causantes de la pudrición de mazorca) por Aychasara-101 (de ciclo normal, grano blanco, textura amilácea y altamente tolerante a pudriciones de mazorca en zonas de valle), ambas variedades portadoras de la mutación opaco-2. Esta variedad ha sido sometida a un 6to. ciclo de recombinación y selección mediante polinización libre en un lote aislado perteneciente al CIFP durante el ciclo 2006/2007. Durante este período de trabajo, la nueva variedad presentó granos de tamaño mediano y textura amilácea, un potencial de rendimiento de 4900 kg/ha, altura de planta e inserción de mazorca de 183 y 94 cms.

respectivamente, mazorcas medianas de aspecto choclero, tolerancia a enfermedades de planta y mazorca (fungosas, virósicas y/o micoplásmicas) y un ciclo vegetativo semi-precoz (73 días a la floración femenina).

Adicionalmente, en Venezuela se está trabajando con QPM en el estado de Yaracuy que es un importante productor de maíz, desde el punto de vista económico y social. Existe tradición en la producción de este rubro, se siembran unas 25.000 has aproximadamente. Además de las condiciones de clima y de suelos aptos para este rubro, se cuenta con industrias procesadoras de productos para la alimentación humana y animal derivados de este rubro. Los materiales probados son las líneas SQI y SQ2, El rendimiento por hectárea al 12% de humedad fue de 4.474 kg para el SQI y de 4.417 kg para el SQII que son por encima del rendimiento promedio del estado, el cual es de 3.100 kg/ha, según estadísticas del Ministerio de Agricultura y Tierra. Actualmente, se han seleccionado agricultores semilleristas del Plan Nacional de Semillas, con los cuales se sembraran 20 ha de la variedad de maíz SQII, durante el ciclo norte verano 2006. Se estimó para el año 2007, una producción de 1.000.000 de kg, de semilla certificada, de dos variedades y un híbrido QPM, todos de color blanco que fueron utilizadas en el Plan nacional de Siembra.

3- *Obtener nuevas variedades de frijol arbustivo y voluble con mejor contenido de hierro y zinc para diferentes zonas agroclimáticas de la región Andina.*

CIAT estuvo a cargo de esta actividad y hizo nuevas selecciones en poblaciones creadas para su contenido de hierro y zinc. Se hicieron selecciones para un total de 729 líneas para frijol arbustivo y 1422 líneas para frijol voluble usando cruzas derivadas de tres fuentes comprobados de alto hierro (G14519, G21242 y G23823E) mas dos líneas arbustivas mejoradas con alto hierro (NUA 35 y NUA 56) o líneas volubles mejoradas incluyendo algunos de series SEL, MAC, MBC y VRM junto con fuentes de resistencia a mancha angular. Alrededor de 18% de las selecciones tuvieron un 25% constitución de parentales alto en hierro, 75% tuvieron un 50% constitución de parentales alto en hierro, y 7% un 75% constitución de parentales alto en hierro. La alta proporción de selecciones con 50% constitución de parentales alto en hierro ofrece la oportunidad de derivar progenies con esta característica comparables con las líneas NUA que tienen un 25% constitución de parentales alto en hierro, express about 40-50% increase in iron concentration. Las fuentes de alto hierro representaban una diversidad de acervos con G14159 un genotipo Mesoamericano del los EE. UU con color de grano café y con alto contenido de hierro (80 ppm) y proteínas; G21242 un genotipo Andino de Colombia con grano color crema moteado y contenido de hierro alto (90 ppm); y G23824E un genotipo Andino de Perú con contenido de hierro por encima de 100 ppm en varios ambientes. El genotipo G21242 combinó bien con selecciones volubles contribuyendo buen vigor para capacidad trepadora, mientras que G23823E combinó bien con selecciones arbustivos aportando tamaño de semilla y buen color de grano. Las cruzas consistían en combinaciones simples, dobles, triples y múltiples y las generaciones de selecciones fueron F3 y F5. Las selecciones fueron mayormente para frijol de grano rojo moteado pero también incluyó granos de color crema moteado, rojo liso, amarillo y blanco.

4- *Desarrollar protocolos para dietas de niños que incluyan fríjol y maíz de mejor contenido nutricional.*

Univalle estuvo a cargo de esta actividad y adelantaron los protocolos para la elaboración de la dieta de fríjol/maíz y las encuestas alimenticias, los permisos para el estudio de nutrición y las metodologías para el análisis de muestras fueron finalizados en el 2006 y no hubieron actividades en este objetivo en el 2007 aunque si se continuó con la producción de grano para el estudio de bioeficacia (próximo objetivo) y para algunas evaluaciones de biodisponibilidad. La producción de grano de las líneas NUAs (NUA35 y 45) con CAL96 para estos ensayos fue apoyado por CIAT y FIDAR con siembras en cinco localidades en Cauca, Nariño y Valle en Colombia. Se obtuvo cuatro toneladas de fríjol de estas líneas avanzadas. Además FIDAR produjo cuatro toneladas de un híbrido QPM grano blanco (CML273QxCML264Q)CML491 y tres toneladas del híbrido amarillo QPM (H-112). Los genotipos de fríjol tuvieron la ventaja en la parte sensorial de ser muy similar y aceptable en color de grano, los tres siendo de color rojo moteado intenso y de gran preferencia para consumidores en Colombia debido al color de tinta en las preparaciones de frijoles cocidos. La diferencial en concentración de hierro fue confirmado de ser entre 15 y 20 ppm en los lotes de producción de grano suministrado a Univalle. Un análisis de estabilidad fue realizado utilizando sistema de informaciones geograficas para determinar por análisis de componentes principales que variables de suelo y de clima influenciaba la acumulación de hierro y zinc en las múltiples localidades usadas para producción de grano y para ensayar las líneas NUA y CAL96. La evaluación de biodisponibilidad realizado en CIAT y con apoyo de CIMMYT nos dio datos sobre la concentración de hierro, zinc, lisina, triptofano y antinutrientes (fitatos principalmente) en muestras cocidas de fríjol (sancochados) y maíz (mazamorra).

En Venezuela, se hizo contacto en el 2007 con grupos de mujeres fabricantes de pastas integrales para intercambiar experiencias con grupos de investigación en el área nutricional. Con esto hubo una evaluación de mezclas de harina de caraota para la elaboración de pastas biofortificadas. También tuvieron una interacción con equipo de profesionales de la Universidad Nacional Experimental de Yaracuy para futuras interacciones para la elaboración de alimentos en base a cultivos biofortificados

5- *Evaluar el efecto sobre los niveles de zinc, hemoglobina y ferritina en niños que tiene el consumo habitual de fríjol y maíz de alto contenido mineral en comparación con el maíz y fríjol corrientes.*

Univalle también está a cargo de esta actividad y se completó el estudio a nivel de guarderías en Cali del Instituto de Bienestar Familiar - Seccional Occidente. El estudio se realizó en hogares y jardines infantiles con una población de 300 niños a los cuales se les realizó seguimiento, con toma de medidas antropométricas y exámenes de sangre. Se seleccionaron 3 grupos de niños. Al grupo 1 se le suministró complemento vitamínico y de micronutrientes. Al grupo 2 se le dieron preparaciones de maíz de alta calidad proteica

(QPM) y de frijol de alta densidad en Fe y Zn. Al grupo 3, se le proporcionaron preparaciones de maíz y frijol comunes. Todos los grupos presentaron adecuaciones promedio superiores al 100% en la mayoría de los nutrientes incluyendo los que estaban directamente relacionados con el estudio como son el hierro, el zinc y el ácido fólico. En el caso de la Vitamina B6 y de la Niacina, todos los grupos experimentales mostraron adecuaciones por debajo del 100%.

La comparación de tratamientos arrojó los siguientes resultados: Se encontraron niveles mayores de hemoglobina al inicio del estudio con respecto a la toma final en el grupo total y en los grupos biofortificado y con complemento. En todos los grupos, excepto en el control, se encontraron niveles menores de hematocrito al inicio del estudio con respecto al final y para el caso de ferritina, se observaron niveles mayores al inicio del estudio con respecto a la toma final, tanto para el grupo total, como para el control y el suplementado. Se encontró un 20% de niños con anemia al inicio del estudio, porcentaje que aumentó sus niveles de hemoglobina al final de la intervención. A propósito de este aumento, se alcanzaron valores “normales” de hemoglobina (12,1 g/dL), tanto en el grupo suplementado como en el biofortificado. Este resultado podría indicar que la biofortificación puede servir para mejorar los niveles de hemoglobina en una población con deficiencia, pero dejando claro que se deben realizar más estudios para determinar el posible efecto a largo plazo.

Al ajustar las medidas de talla y peso por edad y compararlas con la población de referencia se encontró inicialmente que la población total presentaba un puntaje Z talla/edad ligeramente desviado a la izquierda y el grupo de mayor talla inicial fue el que recibiría frijol y maíz biofortificado y el de menor talla sería el grupo control. Durante todo el estudio, el puntaje Z talla/edad se mantuvo similar al de la población de referencia con una ligera desviación a la izquierda y el grupo del complemento mostró una ligera mejoría, dato que no fue significativo estadísticamente. No se encontraron diferencias estadísticas entre los grupos experimentales durante el estudio ni tampoco se encontraron diferencias entre las tomas durante el estudio.

En las pruebas antropométricas y bioquímicas se encontraron algunas diferencias entre el grupo biofortificado con respecto a los otros dos grupos; sin embargo, estas diferencias no fueron significativas, resultado que puede ser explicado en parte, porque la población de estudio se encontraba en un buen estado nutricional, como se evidenció en la valoración antropométrica, bioquímica y en el análisis de la dieta usual. La razón mencionada para la carencia de datos significativos a este respecto se suma a las dificultades de mantener las concentraciones necesarias de nutrientes en el frijol biofortificado durante el estudio, puesto que las diferencias en los niveles de hierro entre el frijol corriente y el biofortificado fueron más o menos de 20 ppm. Esta discrepancia se debe a que en el caso de los cultivos las diferencias en los suelos y en las condiciones climáticas afectaban las concentraciones obtenidas en el producto final. Adicionalmente, este tipo de producto biológico (semillas) se encuentra todavía en etapas de evaluación, estabilización y estandarización de cultivos lo que explica las variaciones de composición entre los diferentes lotes de semilla.

La utilización de alimentos biofortificados como fuentes adicionales de nutrientes en la dieta ha sido propuesta como una de las alternativas para mejorar el estado nutricional de la población y se ha convertido en una política de salud pública en países de bajos ingresos para prevenir las deficiencias de micronutrientes como la vitamina A, el hierro y el zinc. Este estudio muestra una primera valoración del uso de este tipo de alimentos con resultados iniciales en población con un buen estado nutricional; vale la pena la valoración de este tipo de productos en población desnutrida para mirar su efecto en situaciones de déficit.

Se concluye, que en general la alimentación de los niños de los jardines que participaron en el estudio era suficiente en cantidad y con una adecuada distribución de las kilocalorías, razón que sumada a las buenas condiciones locativas y de atención que se tiene en estas instituciones han permitido que los niños se encuentren en buen estado nutricional según lo muestra su valoración antropométrica. Es importante efectuar estudios en poblaciones con signos de desnutrición y cuya dieta incluya un consumo elevado de fríjol y maíz.

6- *Informar y capacitar a los agricultores, padres de familia y técnicos de instituciones locales en las ventajas de las nuevas variedades de mejor contenido nutricional, con el fin de incluirlas en sus estrategias y programas de seguridad alimentaria.*

Bolivia: El Centro de Semillas Pairumani en el año 2007 vendió 45000 kgs de semilla de maíces opaco 2, mejoradas por el centro de Investigaciones Fitoecogenéticas de Pairumani, sobresaliendo la venta de Aychasara 101. Si consideramos que los agricultores pequeños compran un promedio de 15Kg por familia, se atendió directamente a 3000 familias (Informe de ventas del Centro Semillas Pairumani 2007), sin embargo en base a muestreos realizados el año 2002 por el Centro de Investigaciones Fitoecogenéticas de Pairumani, por cada agricultor que compra semilla en el Centro Semillas Pairumani, 5 agricultores siembran la variedad mejorada con semilla adquirida de otros agricultores o producida por ellos mismos, lo que mostraría que cerca de 15000 familias de pequeños agricultores andinos han sembrado el pasado año variedades de maíz de alta calidad de proteína. UAGRM hizo la multiplicación de 1518 kg de semilla básica para cuatro líneas NUA durante época de verano para la posible liberación de una variedad basado en NUA45 o NUA35.

Colombia: FIDAR hizo una encuesta a las entidades de ICBM (Inst. Colombiano de Bienestar Familiar) en el departamento de Cauca para evaluar el consumo de fríjol y maíz dentro y fuera de los hogares. También organizó un taller con organizaciones de madres comunitarias de este instituto en los municipios de: Buenos Aires, Cajibío, Caldon, Corinto, Morales, Jambaló, Silvia, Santander de Quilichao, Mercaderes, Timbío, Pto Tejada y el Patía para realizar estudio de mercado sobre fríjol y maíz de mejor calidad nutricional. FIDAR realizó además reuniones con Organizaciones de Agricultores y Técnicos de UMATAS para estudio de mercado de cultivos de maíz y fríjol de mejor calidad nutricional en los municipios de Buenos Aires, Cajibío, Caldon, Corinto,

Morales, Jambaló, Silvia, Santander de Quilichao, Mercaderes, Timbío, Pto Tejada y el Patía todos en el departamento de Cauca, Colombia. En este estudio de mercadeo social para maíz y frijol de mejor calidad nutricional se caracterizó 1) el consumo de maíz y frijol y su importancia en la dieta como fuente de carbohidratos, proteínas y minerales en las minutas de los niños que son atendidos por hogares comunitarios del ICBF por problemas de desnutrición o por falta de una alimentación adecuada en sus casas; y 2) los canales de mercadeo, comercialización y compra de alimentos por estos hogares. Como resultados para el maíz (QPM) y el frijol de mejor calidad nutricional se sugiere tener en cuenta las siguientes consideraciones: i) que los productores se organicen en una empresa o cooperativa que les permita comercializar el grano de frijol y el maíz con el fin de ser más competitivos en el precio y al mismo tiempo permitir un mejor control del producto; ii) se sugiere que se contrate la producción de la semilla con una entidad especializada; iii) se crea una empresa de comercialización por parte de los productores permitiría una mayor eficiencia de la cadena productiva al lograr una menor intermediación y un mayor control de la calidad sanitaria y nutricional; y iv) para el posicionamiento del frijol y el maíz de mejor calidad nutricional en un mercado de tipo social, como son los hogares infantiles y comunitarios, los comedores infantiles etc se recomienda tener en cuenta factores como marca, logo, tipo de empaque, volantes de información del producto y aspectos de promoción y canales de comercialización.

Venezuela: Como se mencionó anteriormente por medio de Investigación Participativa se está capacitando agricultores en la producción de nuevas variedades de frijol caraota alto en minerales y maíz QPM en los estados de Lara y Yaracuy. Se realizó también un Foro internacional sobre Leguminosas-salud y Nutrición, al cual asistieron quince instituciones de ámbito nacional (Gerencia de Investigación INIA, Plan Nacional de Semillas, Universidad del Zulia, Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado, Fundación DANAC, Corporación Venezolana Agraria, Cooperativa FERYÁN, Empresa SASA, Universidad Simón Bolívar, Universidad de Yaracuy. Ciencia y Cultura de la Alimentación, Asociación Civil 8 de Marzo. Sanare, Proyecto Misión Ciencias Leguminosas, Proyecto BID FONACIT Caraota) e internacional (CIAT) y también degustación de platos a base de leguminosas. Además se editó y se publicó el tríptico. ¡Coma bien, coma caraota!

BENEFICIARIOS:

Los resultados están beneficiando esencialmente a los consumidores, tanto en las zonas rurales como urbanas y especialmente a las mujeres y a los niños que son los grupos que normalmente padecen deficiencias nutricionales. La información obtenida es de mucha utilidad para los investigadores y planificadores de políticas agroalimentarias de los países ejecutores.

OTROS ASPECTOS DEL PROYECTO:

Presentaciones del 2007:

Bolivia

CIAT / Colombia

1. “Common Bean Ferritins” Blair MW Harvest Plus Workshop on Plant Ferritin as a Bioavailable Source of Iron - Washington DC – January 25-26, 2007.
2. “Análisis del contenido de hierro y zinc en semilla de la colección boliviana de frijol (*Phaseolus* spp.)” Avila T, Astudillo C, Davila A, Reyes X, **Blair MW**. Reunion X Congreso Asociación Colombiana de Fitomejoramiento y Producción de Cultivos. Pasto, Nariño – June 5-7, 2007
3. “Desarrollo y utilización de frijoles con alto contenido de minerales y maíz de alta calidad proteica en un programa de intervención nutricional en el sur-occidente de Colombia” **Blair MW**, Restrepo J, Pradilla A, Gracia B, Araujo C, de Plata C, Mosquera M, Ariza-Nieto M, Glahn RP, Pachón H, Astudillo C, Caldas GV. Reunion X Congreso Asociación Colombiana de Fitomejoramiento y Producción de Cultivos. Pasto, Nariño – June 5-7, 2007. Otorgado 2^{ndo} premio por mejores presentaciones.

Venezuela

1. Participación en la Feria Nacional de la Biotecnología con el tema sobre Biofortificación. Proyecto BID FONACIT II. María Elena Morros
2. Participación en el II Taller de Seguimiento técnico de proyectos FONTAGRO para la Región Andina. Quito. Presentaciones en el Foro Internacional “Leguminosas Comestible-Salud y Nutrición” – Maracay, Venezuela. María Elena Morros
3. Avances del Proyecto FONTAGRO. Maíz- Frijol Biofortificados “Fitomejoramiento nutricional y uso de caraota biofortificada y maíz QPM para la nutrición humana. Caso: Proyecto Fontagro” - Matthew Blair. Especialista en Mejoramiento Genético. CIAT. Colombia.
4. Biodisponibilidad de hierro, zinc y proteína de cultivos Biofortificados - Ortiz Osorio Darwin. Especialista Nutrición. CIAT. Colombia.
5. El papel de las Leguminosas en la Nutrición y Salud Humana. Avances en la elaboración de nuevos productos - Marisela Granito. Especialista en Nutrición. Universidad Simón Bolívar. Venezuela
6. Potencial de los Recursos Fitogenéticos de Leguminosas para la Seguridad Alimentaria - Delis Pérez. Especialista en Recursos Fitogenéticos. INIA
7. Maíces de alta calidad proteica en Venezuela - Félix San Vicente. Especialista en Mejoramiento Genético del Maíz. INIA.

Publicaciones 2004-2007:

1. Ariza-Nieto M; Blair MW, Welch RM, Glahn RP. (2007) Screening of bioavailability patterns in eight bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes using the Caco-2 cell in vitro model. J. Agr. Food Sci. 55:7950-7956.

2. Astudillo C, Blair MW (2008) Evaluación del contenido de hierro y zinc en semilla y su respuesta al nivel de fosforo en 40 variedades de fríjol colombianas. *Agronomía Colombiana*. (sometido)
3. Avila G (2006) Avances de maíz alto en proteína en Bolivia. *Genómica (Cbba)*.
4. Blair MW, Astudillo C, Beebe S. (2006) Analysis of nutritional quality traits in an Andean recombinant inbred line population. *Annual Report of the Bean Improvement Cooperative* 48:52-53.
5. Blair MW, C. Astudillo, A. Hoyos, Y. Viera, O. Mosquera (2007) Seed iron and zinc levels in a collection of Colombian released varieties grown at two levels of phosphorus fertilization. *Annual Report of the Bean Improvement Cooperative* 50: 43-45.
6. Blair MW, Astudillo C., Restrepo J., Ojeda P., Bravo L.C., Villada D., Beebe S. (2005) Análisis multi-locacional de líneas de fríjol arbustivo con alto contenido de hierro en el departamento de Nariño. *Fitotecnia Colombiana* 5: 20-27.
7. Blair MW, Astudillo C, Restrepo J, Bravo LC, Villada D, Beebe SE (2005) Analisis multi-locacional de líneas de fríjol arbustivo con alto contenido de hierro en el departamento de Nariño. *Fitotecnia Colombiana* 5: 20-27.
8. Blair MW, Caldas GV, Avila P, Lascano C (2006) Tannin content of commercial classes of common bean. *Annual Report of the Bean Improvement Cooperative* 49:151-152.
9. Caldas GV, Blair MW, Restrepo J (2008) Análisis de taninos condensados en genotipos de fríjol común sembrados en tres localidades del departamento de Nariño. *Fitotecnia Colombiana* (in press)
10. CIAT – Informe Anual (2005, 2006, 2007)– IP1 – Proyecto de Fríjol

Panfletos – Materiales Publicitarios

1. CIAT - ¡Viva bien, coma fríjol!. (2006).
2. FUNDACION SIMON I. PATINO. (2005). Informe de actividades 2005.
3. FUNDACION SIMON I. PATINO. (2007). Boletín Divulgación 1. Duplique su producción de maíz en los valles con riego.
4. FUNDACION SIMON I. PATINO. (2007). Boletín Divulgación 2. Variedades de maíz mejoradas en el Centro de Investigaciones Fitoecogenéticas de Pairumani.
5. FUNDACION SIMON I. PATINO. (2007). Boletín Divulgación 4. Recomendaciones para la producción de frijol.
6. INIA - ¡Coma bien, coma caraota!. (2007).
7. UAGRM - ¡Viva bien, viva sano, coma fréjol!. (2007).
8. UAGRM – Recetario consuma fréjol – es sano, barato y ¡bien sabroso! (2007)
9. UAGRM – El frejol, su valor nutritivo y algunas formas de utilización (2007).

Posters

1. “Development and Utilization of High Mineral Beans in Combination with Quality Protein Maize as a Nutritional Intervention in Southwestern Colombia” Blair M.W., Restrepo J., Pradilla A., Gracia B., Araujo C., de Plata C., Mosquera

- M., Ariza-Nieto M., Glahn R.P., Pachón H. – Micronutrient Forum 2007, Ankara, Turkey.
2. “Evaluación del contenido de hierro y cinc y su respuesta al nivel de fertilización con fósforo en 40 variedades de fríjol colombiano.” C. Astudillo, A. Hoyos, M. W. Blair. Reunion X Congreso Asociacion Colombiana de Fitomejoramiento y Produccion de Cultivos. Pasto, Nariño
 3. “Análisis multilocacional del contenido de taninos condensados en variedades de frijol comun.” Caldas G. V., Blair M. W., Restrepo J., Villada D., Ojeda P., Bravo L. C. Reunion X Congreso Asociacion Colombiana de Fitomejoramiento y Produccion de Cultivos. Pasto, Nariño.

Talleres en 2007:

talleres de capacitación y jornadas de campo realizadas con especialistas, técnicos y agricultores durante el año 2007 fueron los siguientes:

Bolivia:

- 1) Curso de capacitación sobre frejoles biofortificados dirigido a los estudiantes del curso de especialización sobre Protección Vegetal. Santa Cruz. Agosto 2005.
- 2) Capacitación a los estudiantes de la Facultad de Ciencias Agrícolas sobre los frejoles biofortificados. Santa Cruz. Junio 2006.
- 3) Curso-Taller de capacitación sobre las bondades de los frejoles biofortificados, dirigido a los agricultores(as) y técnicos de la localidad de Caranavi. Provincia Nor Yungas del departamento de La Paz. Septiembre 2007.
- 4) Capacitación a estudiantes de la Carrera de Agropecuaria del Tecnológico de Vallegande. Santa Cruz. Septiembre 2006.
- 5) Día de campo para la presentación de las líneas promisorias de frejoles biofortificados, con la participación de estudiantes y docentes de la Facultad de Ciencias Agrícolas. Santa Cruz. Julio 2006.
- 6) Participación en la Feria Científica y Cultural de la Universidad Cristiana de Bolivia (UCEBOL”. Santa Cruz. Septiembre 2006.
- 7) Participación en la EXPOCIENCIA de la Universidad Autónoma “Gabriel Rene Moreno”. Santa Cruz. Octubre 2006.
- 8) Participación en la EXPOCIENCIA de la Universidad Autónoma “Gabriel Rene Moreno”. Santa Cruz. Octubre 2007.
- 9) Participación en la Feria Nacional de la Semilla en la localidad de San Julián y Chane Independencia. Santa Cruz. Abril y Septiembre 2005/2006.

Colombia:

- 1) Mayo 31- Jun 5: Décimo Congreso de la Asociación de Fitomejoramiento y Producción de cultivos de Colombia. Presentación de resultados del proyecto FONTAGRO. San Juan de Pasto, Colombia.
- 2) Agosto 1-4: Congreso de la Asociación de Nutrición y Dietética de Colombia. Presentación de avances de los cultivos de mejor calidad nutricional. Armenia, Colombia

- 3) Septiembre 4: Presentación del manual “Aprendiendo a vivir mejor desde la escuela. La seguridad alimentaria y la nutrición. Proyecto de seguridad alimentaria, Gobernación del Valle. Cali, Colombia.
- 4) Octubre 24: Presentación del manual “Aprendiendo a vivir mejor desde la escuela. La seguridad alimentaria y la nutrición. Proyecto de seguridad alimentaria Panes. Gobernación del Cauca. Popayán, Colombia
- 5) Nov 1- Dic 10: Reunión con organizaciones de madres comunitarias del ICBF en los municipios de: Buenos Aires, Cajibío, Caldono, Corinto, Morales, Jambaló, Silvia, Santander de Quilichao, Mercaderes, Timbío, Pto Tejada y el Patía para realizar estudio de mercado sobre fríjol y maíz de mejor calidad nutricional. Cauca, Colombia
- 6) Nov 25 – Dic 20: Reuniones con Organizaciones de Agricultores y Técnicos de UMATAS para estudio de mercado de cultivos de maíz y fríjol de mejor calidad nutricional en los municipios de Buenos Aires, Cajibío, Caldono, Corinto, Morales, Jambaló, Silvia, Santander de Quilichao, Mercaderes, Timbío, Pto Tejada y el Patía. Cauca, Colombia.

Venezuela:

- 1) Foro Internacional “Leguminosas Comestible-Salud y Nutrición” – Maracay, Venezuela
- 2) Conferencia sobre los Cultivos Biofortificados en el marco del curso internacional Seguridad e inocuidad Alimentaria y sus implicaciones como determinantes en Salud Pública. Instituto Nacional de Higiene Rafael Rangel. Caracas.

Otros:

- 1) Junio 5-7: Taller de Seguimiento Técnico de proyectos FONTAGRO para la región Andina. Presentación de resultados del proyecto (M.E. Morros, J. Restrepo). Quito, Ecuador.

Estudiantes:

Colombia:

- 1) Se realizó una tesis de pregrado para evaluar la capacidad de acumulación de Fe y Zn en cinco variedades de fríjol común en dos localidades del suroccidente colombiano. (Henry Gamboa – Univ. Valle)
- 2) Se realizó una tesis de pregrado para caracterizar el proceso productivo del fríjol en los departamentos de Antioquia, Cundinamarca, Nariño, Huila y Santander, y de la cadena productiva de fríjol en el departamento de Nariño, mediante el análisis de su estructura, funcionamiento y dinámica con el fin de encontrar y proponer mecanismos factibles que permitan mejorar la actividad productiva y de la cadena. (Ana Lucia Herrán, Diana Ximena Marín – Univ. Javeriana - financiado de proyecto “Frijol Voluble Alto Andino”)

- 3) Tesis de grado para evaluar la acumulación de Fe y Zn por sistemas de información geográficas en la zona Andina (Fredy Monserrate – Univ. Nacional – Bogotá - 2007)

Bolivia:

- 1) Evaluación del germoplasma mejorado de frejol arbustivo biofortificados (*Phaseolus vulgaris* L.) con hierro y zinc, en las condiciones ambientales de la llanura oriental del departamento de Santa Cruz. Invierno 2005. Bolivia. (Tesis de grado).
- 2) Evaluación de germoplasma mejorado de frejol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.) biofortificado con hierro y zinc en condiciones ambientales de la llanura oriental y valles interandinos del departamento de Santa Cruz. Bolivia 2005/06.
- 3) Evaluación de germoplasma mejorado de frejol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.) biofortificado con hierro y zinc. Santa Cruz, Bolivia 2007.
- 4) Evaluación del vivero de altos minerales de frejol (VAM) (*Phaseolus vulgaris* L.), en las condiciones ambientales del invierno. Santa Cruz, Bolivia. 2006 (Tesis de grado).
- 5) Efecto de la fertilización foliar con fuentes de hierro y zinc sobre la acumulación de minerales en el grano y rendimiento de variedades de frejol (*Phaseolus vulgaris* L.) para Santa Cruz, Bolivia. Invierno 2007. (Tesis de grado).
- 6) Análisis y evaluación de germoplasma local e introducido (Biofortificado) de frejol por su desempeño agronómico y contenido nutricional. Santa Cruz, Bolivia. Invierno. 2007. (Tesis de grado)

Reuniones entre socios y Capacitaciones:

Octubre 2-4, 2007, el líder del proyecto visitó al INIA y Univ. Central en Maracay, Venezuela para presentar los trabajos de Biofortificación en el Foro Internacional “Leguminosas Comestible-Salud y Nutrición” donde coordinó actividades con Ing. Maria Elena Moros y Dra. Delis Pérez. Una reunión con los socios de Bolivia planeada para el Congreso de la Asociación Colombiana de Fitomejoramiento (June 5-8, 2007) – Pasto, Colombia no se realizó, pero M. Blair y C. Astudillo asistieron para presentar los resultados del proyecto y para ver avances en el departamento de Nariño en cuanto a mejoramiento de frijol. El trabajo presentado sobre “Desarrollo y utilización de frijoles con alto contenido de minerales y maíz de alta calidad proteica en un programa de intervención nutricional en el sur-occidente de Colombia” fue otorgado 2do premio por mejores presentaciones. Como quedo postergada la reunión de los socios de Bolivia, la Ing. Teresa Avila visitó a CIAT durante Agosto 2007 para el análisis de hierro y zinc y frijoles de la colección Boliviana del Centro Pairumani y el Ing. Juan Ortubé visitó para una reunión de varios socios de América Latina en CIAT en Noviembre 2007. Durante estas estadias participaron en reuniones con socios de la Universidad del Valle en Cali, de esta manera se fortalecieron los vínculos para colaboraciones futuras en el tema de nutrición utilizando frijol y maíz QPM. Los socios en Colombia (CIAT, FIDAR y Univalle) se reunieron regularmente cada dos meses en promedio.

Anexos. Reportes de subproyectos individuales al seguir:

- I. CIAT**
- II. Centro Fitoecogenético Pairumani (Bolivia)**
- III. FIDAR (Colombia)**
- IV. INIA (Venezuela)**
- V. UAGRM (Bolivia)**
- VI. UNIVALLE (Colombia)**

I. CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical)

Breeding of Andean beans to create lines with higher mineral content and superior agronomic traits

Collaborators: M.W. Blair, A. Hincapie, S. Beebe (IP-1, CIAT).

Introduction:

We are advancing new populations of Andean bush and climbing beans in a range of commercial seed classes, using three proven sources of high iron and high zinc genes: G14159 (Mesoamerican genotype from the USA with brown-colored high protein seed and average iron content of over 80 ppm); G21242 (Andean genotype from Colombia with cream mottled seed and average iron content close to 90 ppm); G23824E (Andean genotype from Peru with average iron content of 100 ppm).

Results and Discussion:

For bush beans, progress was delayed by root rots in one semester that made differentiation of agronomic traits difficult and selection impractical. However, in the course of 2007, the most advanced Andean bush populations reached the F5 family generation (Table 1), with a very large number of populations in the F3 generation, these in both bush and climbing types (Table 2). About 18% of these have 25% high iron parents, 75% have 50% high iron parents, and 7% have 75% high iron parents with the remaining parents in each cross either commercial cultivars or ALS resistant genotypes. The high proportion of families with at least 50% high iron parentage offers hope that more progeny will express the high iron trait. It is to be noted that the NUA lines, which presented 25% high iron parentage, express about 40-50% increase in iron concentration.

Among the climbing beans, G21242 (an Andean climber) appeared to combine well for plant vigor under root rot attack, and may be contributing agronomic value as well as high iron. G14519 (a Mesoamerican climber) another source of high mineral traits, has produced some large red or yellow seeded segregants and is valuable for mid-altitude adaptation. G23823E the other landrace parent that has been employed in crosses combines well for seed size and color with Andean beans but is less well adapted, resulting in lower disease resistance and poor architecture for climbing beans (but adequate architecture for bush beans).

Conclusions:

Micronutrient breeding program for Andean beans developed F5 and F3 lines from simple, double, triple and multiple crosses between three high iron sources, two high iron advanced lines and commercial varieties as well as angular leaf spot resistance sources with 729 lines selected for bush beans and 1422 lines selected for climbing beans.

Table 1. Populations of Andean bush beans under study for improved iron concentration in Darien, Colombia.

Structure of cross	Generation	No. of crosses	No. of families
(cultivar x iron)	F3.5	36	117
(ALS x iron)	F2.3	18	175
(cultivar x (cultivar x iron))	F1.3	15	241
(iron x (cultivar x iron))	F1.3	23	149
(cultivar x iron) x (cultivar x iron)	F1.3	9	47

Table 2. Populations of climbing beans under study for improved iron concentration in Darien, Colombia.

Structure of cross	Generation	No. of crosses	No. of families
<i>Mesoamerican</i>			
(cultivar x iron)	F2.3	16	165
<i>Andean</i>			
(cultivar x iron)	F2.3	32	396
(cultivar x (cultivar x iron))	F1.3	13	145
(cultivar x iron) x (ALS x iron)	F1.3	128	716

Further analysis of high mineral NUA lines for bioavailability and bioefficacy studies and update on NARS releases.

Contributors: M.W. Blair, C. Astudillo (IP-1, CIAT), J. Restrepo (FIDAR), I. Roa (IPRA-CIAT), C. Araujo, B. Gracian, M. Mosquera, C. de Plata (Univalle), J. Ortube (UAGRM, Bolivia)

Introduction:

Biofortified genotypes of common bean hold promise for improving nutritional status in many countries but require agronomic testing to determine their yield and adaptation potential. Andean biofortified beans from the NUA series have generated interest in various countries of Latin America and are potential releases for Bolivia and Colombia as well as being in high demand for bioavailability studies. Two sister lines (NUA35 and NUA45) were selected for their high iron and zinc content. Both of these were developed from the high iron source genotype G14519 in backcrosses with the recurrent parent CAL96 and have good red mottled seed type. Over several seasons and sites CIAT and FIDAR have increased seed for NUA35, NUA45 and CAL96. This report outlines the iron and zinc levels found over the seasons where multiplication was undertaken to produce grain for a human nutrition / bioavailability study with 360 children ages 3-5 in nursery schools in Cali, Colombia in collaboration with Univ. del Valle, Nutrition department.

Materials and Methods

CAL96, NUA35 and NUA45 were grown in various sites of the departments of Nariño, Cauca and Valle del Cauca between 2005 and 2006. Most of the seed lots were produced in farmers' fields or in CIAT production sites in Darien or Palmira. Yield data was obtained for some plots and samples for analysis taken at harvest. Iron and zinc content were determined by atomic absorption spectrophotometry in the analytical services laboratory of CIAT. The objective was to select sites where there was a 20 ppm differential between the high iron genotypes, NUA35 and NUA45, compared to the control genotype, CAL96.

Results and Discussion:

Iron levels for the genotypes are shown in Table 1. While the objective was to maintain a 20 ppm differential between high iron vs. control genotypes, in some cases this level was lower probably reflecting genotype x environment interaction for the high iron trait. A total of eight deliveries were made to Universidad del Valle between June 2006 and March 2007. Each delivery consisted in 100 kg of either CAL96 (low iron bean) or high iron beans (NUA35 or NUA45 or a combination of both). . NUA45 was multiplied in

Cauca (Pescador) and Nariño (Yacuanquer) with concentrations of iron of 67.38 and 102.07 ppm, respectively. NUA35 was multiplied in Cauca (Pescador), Nariño (Consacá) and Valle del Cauca (Darién) with iron concentrations of 82.10, 80.65 and 66.30 ppm, respectively. CAL96 was multiplied in Cauca (Pescador) with an iron concentration of 57.3 ppm and in Valle de Cauca (Yotoco) with an iron concentration of 63.47 ppm. Unfortunately, seed increase was hampered by a low multiplication ratio for the large-seeded Andean types, therefore Yotoco and Darien seed were used even if the differential in iron content was not as great as expected. This occurred toward the end of the bioavailability trial. Zinc levels were high for the early production in Nariño and Cauca and lower for sites in Valle de Cauca.

Conclusions and Future Studies:

NUA (Andean nutrition lines) genotypes have proven adaptable in several countries and are near release in Bolivia. In addition they have been widely tested on-farm in Colombia. Furthermore, CAL96 and the NUA lines have proven to be popular for farmers in the areas where multiplication has been carried out and are being promoted by IPRA/CIAT and FIDAR in three departments of Colombia. In addition, several NUA lines have been found to be acceptable in Bolivia (NUA 35; NUA 45; NUA 59 and NUA 59) where releases are imminent for one or more lines with farmer participatory evaluations ongoing in Colombia (NUA30, NUA35 and NUA45). In Bolivia, 1518 kg of basic seed has been multiplied for the four NUA lines in the summer season and currently 4 ha of NUA45 are planted. The seed color of the NUA lines likewise is very acceptable as they have the same deep red color that is noteworthy of CAL96 the recurrent parent used for development of the NUA lines evaluated so far. The higher iron levels in the NUA lines respond to environmental effects but usually have a 15 to 20 ppm differential compared to CAL96. Stability analysis was conducted for the NUA lines using geographic information systems tools allowing us to follow up on soil and climate variable that affect iron and zinc uptake in multi-location trials across Colombia and Bolivia. The environmental factors that affect iron accumulation at the different sites used for multiplication or testing of NUA lines are being determined through GIS and principal component analysis.

Table 1. Iron and zinc content in the genotypes NUA45, NUA35 and CAL96 in the multiplication sites used for deliveries to Universidad del Valle for the human nutrition / bioavailability studies carried out in Cali, Colombia.

Delivery date	Genotype	Kg delivered	Origin	Iron ppm	Zinc ppm
12/6/2006	NUA 45	100	Nariño - Yacuanquer	102.07	35.18
	CAL96	100	Cauca - Pescador	57.29	31.95
19/06/2006	NUA45	40	Nariño - Yacuanquer	102.07	35.18
	NUA35	60	Nariño - Consaca	80.65	32.35
	CAL96	100	Cauca - Pescador	57.29	31.95
17/08/2006	NUA 45	50	Nariño - Yacuanquer	102.07	35.18
	NUA 35	50	Nariño - Consaca	80.65	32.35
	CAL96	100	Cauca - Pescador	57.29	31.95
11/9/2006	NUA 45	97	Cauca - Pescador	67.30	27.31
	CAL96	100	Valle del Cauca - Yotoco	63.47	29.85
23/10/2006	NUA 35	30	Cauca - Pescador	82.10	35.03
	CAL96	30	Valle del Cauca - Yotoco	63.47	29.85
23/11/2006	NUA 35	90	Cauca - Pescador	82.10	35.03
	CAL96	90	Valle del Cauca - Yotoco	63.47	29.85
9/3/2007	NUA 35	55	Valle del Cauca - Darien	66.30	29.37
	CAL96	50	Cauca - Pescador	57.29	29.85
22/3/2007	NUA 35	50	Valle del Cauca - Darien	66.30	29.37
	CAL96	50	Cauca - Pescador	57.29	29.85

Stability and geographic systems analysis of NUA advanced lines in Colombia and Bolivia.

Contributors: F. Monserrate, G. Hyman (GIS Unit, CIAT), M.W. Blair (IP-1, CIAT)

Summary

Nutritional deficiencies of Fe and Zn are considered a public health issue. Biofortification of crops such as bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is proposed as an alternative to address these nutrient deficiencies. NUA advanced lines of common bean have been developed in order to improve Fe and Zn content for commercial Andean red-mottled “calima” types in Colombia. These lines have been in agronomic trials since 2003 and are currently being considered for release. During the testing process, genotype-environment (GxE) interaction has been found to be an important factor in the accumulation of these nutrients. This project, therefore, reviews the experimental results obtained to date in order to identify those lines with higher stability and to determine which soil or climatic variables are associated with the GxE. An additional objective of the thesis has been to predict the geographic regions in which to continue with testing of NUA lines and to target potential release of these genotypes. NUA35 was found to be the genotype with the highest stability and average content of Fe and Zn in all environments. A principal component analysis (PCA) with soil, climate and yield variables of all trial sites allowed the identification of two different variable associations, the first one related with pH value and cation exchange and the second, with organic matter content, precipitation and soil Fe content. High seed Fe content was found in places with high soil Fe content or higher pH values. Specific studies are proposed to define pH ranges, critical soil Fe or other nutrient levels that would allow a suitable phenotypic expression of the Fe accumulation potential of the biofortified NUA lines. Finally, using Homologue™ and other spatial analysis tools, it was possible to identify potential production zones to continue with experimentation and release of these genotypes.

Results

Figure 1 shows one of the stability parameters calculated for accumulation of Fe in the seed. Calculation of the Finlay and Wilkinson parameter confirms the analysis shown in Figure 1. NUA35 (lower right quadrant) has higher average Fe content and lower coefficients of variation. Due to the stability of NUA35 across trial sites used in this evaluation, it is proposed to release this genotype in bush bean production zones similar to those of the trials. A preliminary exercise in the identification of similar environments has been carried out using climate, pH and organic material variables. The similar zones to each trial site were compared to bean production zones. Figure 2 shows the spatial distribution of similar areas with respect to production zones. In zones with probabilities greater than 50%, environments similar to each test site are expected to be found. In zones with probabilities less than 50%, greater complexity of environments is expected. In order to complement our knowledge of the phenotypic response of NUAs, establishing new test sites in environments not represented by the present test sites is proposed.

Figure 1. Stability calculation for the accumulation of Fe in the seeds of NUA lines and CAL96, according to method of Francis and Kannenberg (1978).

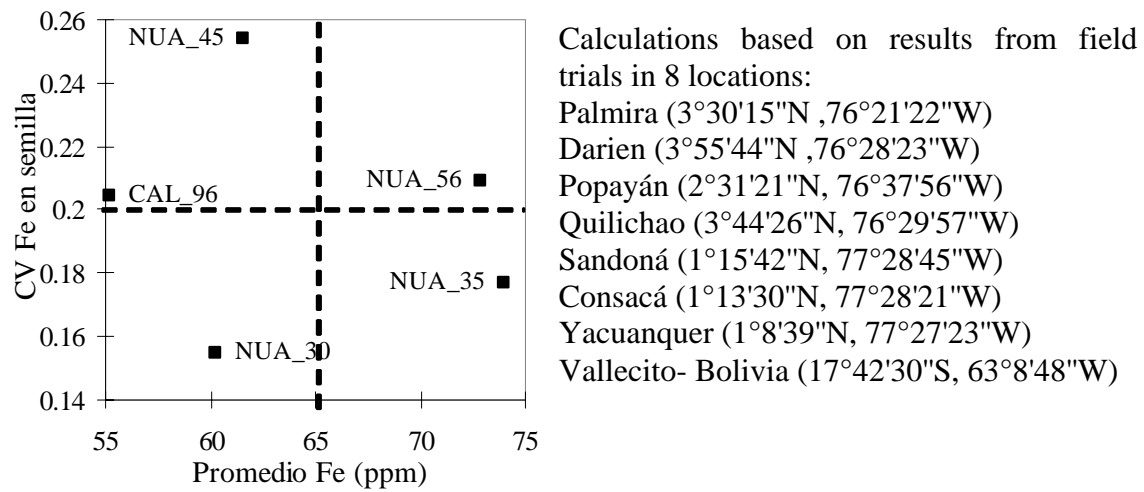
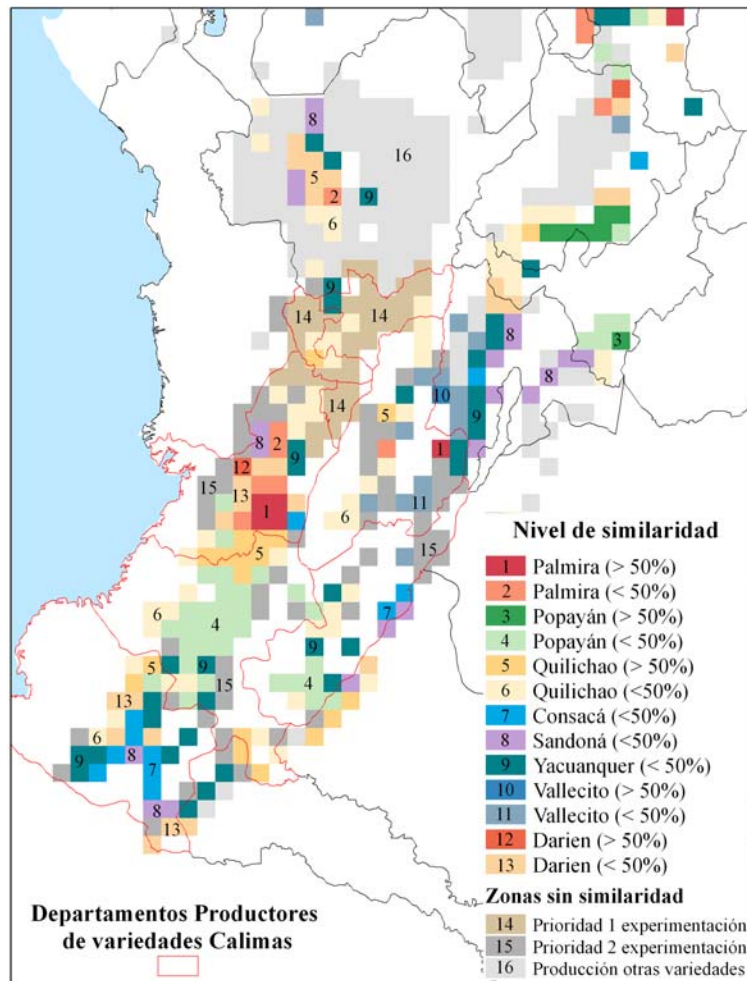


Figure 2. Predictive map to guide the identification of areas for the future release and testing of NUA lines.



Status of CIAT supported nutritional breeding programs in the Andean Region.

Collaborators: M.W. Blair, C. Astudillo, S. Beebe, A. Hoyos, M.A. Grajales (IP-1, CIAT), J. Ortube, J. Padilla, P. Tordoya, S. Martinez (UAGRM, Bolivia), M.E. Morros, R. de la Cruz, D. Perez (INIA, Venezuela).

Rationale:

CIAT has developed a strong collaboration with two bean-breeding programs within the Andean region of South America. The first program was with Andean and Mesoamerican types for production in Bolivia, an important exporting country for the region and the second was for black-seeded Mesoamerican beans for production in Venezuela, a major importing country with a commitment to food security. Both countries are linked to Colombia through trade; with Bolivia exporting to Colombia and Colombia having the potential to export to Venezuela. As part of the collaborative project nurseries were shipped from CIAT to both countries and both national programs sent samples to CIAT for nutritional analysis.

Materials and Methods:

A range of experiments were conducted in the two countries and are summarized below:

A) *Bolivia – germplasm screening*

i) NUA lines: A total of 64 lines from the NUA nursery (red mottled Andean beans) were sent to Bolivia from CIAT and along with 2 control genotypes (PVA773=Rojo Oriental and CAL96).

ii) BIF lines: A total of 55 lines from the BIF nursery (large red Andean beans) were sent to Bolivia from CIAT and planted along with 5 control genotypes (PVA773=Rojo Oriental, CAL96, POA13, Radical Cerinza, AFR298).

iii) VAM nursery: Consisted of 49 genotypes from the 2005-6 nursery and included mostly Mesoamerican advanced lines (INB, MIB, and selections from these) as well as five Andean lines from the NUA nursery (CAL96, NUA4, NUA35, NUA56, NUA59).

iv) small white, small red and black-seeded nurseries: Included a total of 8 small white (navy) beans, 32 small-red seeded beans, and 8 black beans each grown in separate experiments.

All these experiments were planted as randomized complete block design experiments with three repetitions each in the experiment station I.I.A. “El Vallecito” in Santa Cruz, Bolivia during the 2007 winter season (March to June).

B) Bolivia – agronomic management

i) Pre-release testing of NUA lines: In this experiment there was a comparison of 5 NUA lines (NUA21, NUA28, NUA30, NUA35, NUA56) with previously released varieties (Rojo Casarabe, Rojo del Valle, Rojo Oriental, Negro Chane and Perla Oriental = Perola). The experiment consisted in a randomized complete block design with four repetitions and was part of a undergraduate thesis.

ii) Testing of foliar micronutrient fertilization: A RCBD experiment with four repetitions, two genotypes (CAL96 and NUA45) and six treatment levels was set up to analyze the value of different foliar micronutrient fertilizers (Cosmoquel, Nutrex Soya, Absolutis, Macro Nutrex, Nutri Pak versus no fertilizer Control).

C) Venezuela – germplasm screening

i) Drought, disease-resistant and high mineral bean nursery 36 genotypes of which 8 were MIB lines, 3 were MAB lines (angular leaf spot resistance), 2 were EMP lines (*Empoasca* resistance), 20 were SER lines (small red drought), 2 were SEN lines and 1 was a SXB line (black seeded drought lines). The experiment was conducted by INIA.

D) CIAT – mineral analysis

All samples were analyzed for seed iron and zinc concentration by atomic absorption spectrophotometry in the CIAT analytical services laboratory as described previously.

Results and Discussion:

For the germplasm screening in Bolivia, we found that many of the NUA, BIF, MIB and INB lines had higher than average iron content (Tables 1, 2, 3). Soils at the Vallecito experiment station are generally favorable for iron accumulation and as seen in Table 4 averages were higher than observed in other countries of the Andean region (Colombia, Venezuela for example). This is perhaps due to the adequate fertility for many nutrients of these soils and their low organic matter. Screening of drought breeding lines shows some variability for nutritional quality but overall there was an advantage of the biofortified beans in nutritional terms (Table 4). Meanwhile, agronomic experiments in Bolivia showed that there was an effect of foliar micronutrient fertilizers on the iron and zinc levels of CAL96 and NUA45, but that this effect was not consistent across varieties or types of fertilizers (Table 5).

For the germplasm screening in Venezuela, we also found that some of the MIB or INB lines had higher than average iron content, but generally levels of micronutrients were lower than in Bolivia (Table 6). The average concentrations of seed iron and zinc were 53.3 and 35.7, respectively. The lines with best iron content were actually the angular leafspot resistant lines MAB 382 (71.8 ppm) MAB 359 (65.9 ppm) and one drought tolerant line SER49 (68.74 ppm). The highest zinc content was found for MIB 394 (49.0

ppm), SER 84 (45.8 ppm) and MIB 390 (45.40 ppm). In conclusion, iron levels for the nursery in Venezuela were generally average including for the MIB lines, while zinc levels were higher than observed at other sites in the Andean region and were high in some of the MIB lines. The correlation between iron and zinc was lower than observed in other trials but was still significant ($r=0.45$ $P<0.0054$).

Conclusions:

Strong Biofortification programs have been established in Bolivia and Venezuela with 7 nurseries established and analyzed for seed iron and zinc concentration as well as a pre-release experiment for NUA lines and micronutrient fertilization trial.

Table 1 and 2. Seed iron and zinc concentration of entries from the NUA and BIF nurseries in Santa Cruz, Bolivia in 2007 Winter season.

NUA nursery					BIF nursery				
Genotype	Iron ppm	CV	Zinc ppm	CV	Genotype	Iron ppm	CV	Zinc ppm	CV
NUA 8	78.85	7.44	31.69	4.64	BIF 1	72.09	6.81	45.53	2.52
NUA 9	85.79	2.36	32.64	0.15	BIF 2	74.66	12.35	40.23	4.85
NUA 10	79.09	14.64	31.88	5.07	BIF 3	90.05	5.63	40.66	4.57
NUA 11	81.08	14.05	32.21	1.14	BIF 4	68.75	16.89	39.56	6.75
NUA 12	71.78	9.85	29.97	4.30	BIF 5	78.13	13.80	40.59	5.93
NUA 13	81.35	12.99	33.27	7.96	BIF 6	66.49	16.44	34.08	3.00
NUA 14	90.69	8.78	39.89	8.62	BIF 7	74.21	16.77	38.10	5.78
NUA 16	76.85	8.10	36.88	4.47	BIF 8	93.62	5.64	47.42	9.41
NUA 19	83.61	4.99	38.99	13.92	BIF 9	71.19	16.25	35.98	6.75
NUA 20	94.21	16.04	36.96	6.85	BIF 10	68.04	11.95	36.10	13.14
NUA 21	90.74	7.45	37.08	13.34	BIF 11	75.12	12.27	37.62	6.95
NUA 22	101.43	6.89	38.80	0.85	BIF 12	78.58	3.66	40.28	6.89
NUA 23	85.63	4.20	39.62	2.29	BIF 13	70.21	13.37	34.59	2.21
NUA 24	99.99	13.71	44.40	1.39	BIF 14	66.56	7.66	34.06	10.95
NUA 25	84.72	7.64	39.48	2.78	BIF 15	78.68	0.94	40.01	9.10
NUA 28	82.77	5.46	36.85	4.21	BIF 16	79.02	8.60	38.27	7.14
NUA 29	76.52	5.21	36.88	6.38	BIF 17	76.40	7.59	39.29	8.03
NUA 30	72.87	11.62	35.78	7.71	BIF 18	80.70	17.01	39.34	4.33
NUA 32	78.34	7.87	39.88	14.31	BIF 19	91.45	2.63	38.04	4.36
NUA 35	91.26	10.56	45.39	10.52	BIF 20	70.40	3.25	35.47	6.32
NUA 38	72.22	6.71	34.11	6.71	BIF 21	82.14	6.88	37.96	2.63
NUA 41	80.93	3.47	37.14	7.15	BIF 22	66.46	4.33	38.48	3.40
NUA 42	55.25	7.53	31.46	4.97	BIF 23	76.40	3.48	38.74	8.97
NUA 43	55.41	9.97	30.98	9.89	BIF 24	74.64	11.84	32.57	0.45
NUA 44	73.90	18.14	35.27	3.79	BIF 25	69.67	3.07	33.79	12.90
NUA 45	60.76	12.94	30.84	3.30	BIF 26	63.46	4.66	36.41	8.40
NUA 46	86.14	17.94	39.97	4.39	BIF 27	84.04	2.79	45.76	2.36
NUA 47	95.78	6.35	41.89	9.00	BIF 28	76.97	15.86	41.56	6.79
NUA 48	63.75	4.70	27.92	13.65	BIF 29	81.71	1.93	45.33	4.41
NUA 49	79.97	15.37	36.12	3.94	BIF 30	76.75	9.92	45.57	11.00
NUA 50	73.85	17.72	33.65	12.55	BIF 31	67.54	17.68	42.18	11.49
NUA 56	83.07	12.75	34.25	11.53	BIF 32	65.74	5.26	37.64	4.96

NUA 59	90.53	5.90	32.84	11.84	BIF 33	71.38	1.56	38.57	5.40
NUA 62	79.99	3.44	37.35	4.28	BIF 34	64.45	6.60	34.26	7.24
NUA 63	77.08	2.17	35.23	6.14	BIF 35	68.99	16.48	33.88	3.26
NUA 64	75.70	9.80	34.33	7.66	BIF 36	66.64	4.75	33.48	1.72
NUA 65	69.38	15.23	36.79	19.03	BIF 37	66.88	11.43	35.39	4.05
NUA 66	66.86	9.78	34.55	7.84	BIF 38	65.37	7.44	34.70	12.78
NUA 67	86.76	10.76	48.35	7.97	BIF 39	77.37	5.44	37.63	8.46
NUA 68	73.51	5.77	37.27	2.57	BIF 40	63.90	11.13	37.47	6.08
NUA 75	78.37	7.54	36.53	4.01	BIF 41	63.38	4.98	36.50	13.25
NUA 77	75.21	3.91	33.59	7.01	BIF 42	74.79	15.07	41.01	12.81
NUA 78	93.04	5.12	41.65	9.40	BIF 43	69.43	9.29	38.53	13.60
NUA 80	82.15	8.56	43.43	9.11	BIF 44	66.24	4.75	36.65	7.76
NUA 81	73.82	5.97	33.31	3.29	BIF 45	65.14	8.37	34.78	7.00
NUA 82	71.87	3.00	31.30	7.09	BIF 46	59.58	10.29	35.48	9.90
NUA 83	73.47	5.89	32.96	9.18	BIF 47	67.18	12.70	32.38	11.09
NUA 84	70.27	7.12	33.00	8.49	BIF 48	62.69	5.73	31.08	8.72
NUA 85	70.00	1.25	32.51	2.80	BIF 49	63.11	6.01	31.56	5.00
NUA 86	73.66	8.54	32.05	3.28	BIF 50	56.87	5.76	31.39	4.07
NUA 87	75.29	9.32	34.59	9.78	BIF 59	70.65	8.30	39.30	1.90
NUA 88	73.91	5.62	34.93	5.60	BIF 60	62.78	3.79	36.14	3.41
NUA 89	73.61	9.21	31.89	3.38	BIF 61	64.56	5.44	34.85	5.08
NUA 90	78.26	7.46	34.11	8.67	BIF 62	58.92	9.20	32.46	2.62
NUA 91	70.00	13.02	31.70	6.95	BIF 63	64.26	5.41	41.37	12.33
NUA 92	67.15	10.72	31.29	4.70	<i>Average</i>	<i>71.35</i>		<i>37.64</i>	
NUA 93	72.23	11.46	32.00	15.98					
NUA 94	67.33	12.81	31.53	4.98					
NUA 95	72.60	10.21	32.31	1.33					
NUA 96	73.23	9.33	33.78	4.35					
NUA 97	73.58	14.18	32.72	3.15					
NUA 98	66.90	10.73	32.82	8.77					
NUA 99	73.58	10.58	34.00	10.53					
NUA 100	64.31	5.33	33.11	0.81					
<i>Average</i>	<i>77.38</i>	<i>8.96</i>	<i>35.31</i>	<i>6.75</i>					

Table 3. Seed iron and zinc concentration of entries from the VAM nursery in Santa Cruz, Bolivia in 2007 Winter season.

Genepool	Genotype	Iron		Zinc	
		Average	CV	Average	CV
Mesoamerican	DICTA 17	88.25	9.00	39.55	4.12
	DOR 500	85.22	1.50	39.45	20.78
	FEB 226	84.35	15.17	48.74	7.23
	G23818 B	87.57	3.54	47.45	18.78
	G23834 E	84.74	21.31	48.46	12.84
	INB 35	95.66	7.09	44.68	15.31
	INB 36	69.15	14.46	36.78	4.03
	MAHARAGI SOJA	71.88	4.66	43.68	5.86
	MDSF 14734-31	69.30	7.16	43.01	15.56
	MDSF 14744 -15	79.39	8.37	40.67	16.75
	MIB 151	65.34	16.64	39.92	6.66
	MIB 154	63.17	2.15	39.36	11.37
	MIB 158	59.40	6.96	44.75	17.23

	MIB 213	68.98	10.87	40.36	9.98
	MIB 217	57.50	3.60	33.87	15.78
	MIB 384	86.73	26.20	51.34	20.13
	MIB 385	78.90	2.78	45.67	7.37
	MIB 389	66.19	13.14	44.25	0.97
	MIB 391	63.40	2.21	39.62	7.26
	MIB 392	62.65	4.24	45.67	5.61
	MIB 395	82.48	19.25	47.61	11.70
	MIB 396	82.61	26.84	46.55	26.33
	MIB 397	68.38	5.68	44.96	17.93
	MIB 421	74.09	14.31	46.97	11.79
	MIB 426	77.64	14.34	41.84	9.59
	MIB 427	72.01	4.26	39.73	8.64
	MIB 428	83.25	12.00	46.19	4.02
	MIB 431	78.68	0.41	40.10	7.18
	MIB 432	68.91	1.44	47.35	6.64
	MIB 444	68.94	7.42	40.55	7.26
	MIB 464	79.47	3.04	44.04	3.33
	MIB 465	65.49	16.43	38.24	10.83
	MIB 466	73.83	26.85	46.51	10.68
Andean	Cal 96 (TL)	65.25	13.40	38.95	12.46
	NUA 4 (low Fe)	63.98	6.09	40.40	17.11
	NUA 35 (high Fe)	81.73	14.24	48.72	11.54
	NUA 56 (high Fe)	104.05	1.44	48.29	17.62
	NUA 59 (high Fe)	105.03	10.28	47.76	9.03
Average		75.67	9.14	43.30	1.31

Table 4. Comparison of the seed iron and zinc concentration results of experiments in Bolivia and Venezuela.

	Bolivia - NUA		Bolivia - BIF		Bolivia - VAM		Venezuela	
	Iron	Zinc	Iron	Zinc	Iron	Zinc	Iron	Zinc
N	64	64	55	55	49	49	36	36
Mean	77.38	35.31	71.35	37.64	75.63	43.33	53.29	35.74
SD	9.60	3.99	8.04	3.86	8.78	3.82	7.60	5.69
Variance	92.08	15.95	64.64	14.87	77.11	14.59	57.76	32.43
SE Mean	1.20	0.50	1.08	0.52	1.25	0.55	1.27	0.95
C.V.	12.40	11.31	11.27	10.24	11.61	8.81	14.26	15.93
Minimum	55.25	27.92	56.87	31.08	58.62	33.87	41.36	26.56
Median	75.50	34.18	69.67	37.63	74.78	44.04	52.41	34.58
Maximum	101.43	48.35	93.62	47.42	95.66	51.34	71.78	49.02
MAD	5.47	2.42	5.22	2.65	7.52	3.41	4.43	3.93
Biased Var	90.65	15.70	63.46	14.60	75.53	14.29	56.16	31.53
Skew	0.28	1.06	0.76	0.54	0.18	-0.16	0.47	0.40
Kurtosis	0.21	1.00	0.32	-0.05	-0.79	-0.71	-0.22	-0.53

Table 5. Comparison of the seed iron and zinc concentration resulting from micronutrient fertilization of CAL96 and NUA45.

Genotype	Foliar Fert.	Iron ppm	CV	Zinc ppm	CV
NUA 45	Nutri pak	90.12	16.43	34.23	15.05
NUA 45	Absolutis	80.57	21.56	34.90	17.87
NUA 45	Macro nutrex	78.51	19.76	34.66	12.64
NUA 45	Control	77.84	10.25	31.69	14.09
NUA 45	Nutrex soya	75.76	29.47	33.12	9.23
NUA 45	Cosmoquel	71.67	7.41	31.92	4.54
CAL 96	Cosmoquel	84.84	17.51	30.00	8.94
CAL 96	Control	80.02	9.56	28.57	1.69
CAL 96	Absolutis	77.19	16.87	31.92	11.24
CAL 96	Nutrex soya	76.67	11.54	31.71	6.01
CAL 96	Macro nutrex	70.32	4.43	26.26	3.23
CAL 96	Nutri pak	69.40	11.00	29.89	14.07

Table 6. Seed iron and zinc concentration of entries from the nursery in Venezuela.

Genotype	Color	Seed Size	Project	Iron ppm	Zinc ppm
MIB 390	Black	S	Biofortification	61.62	45.40
MIB 393	Black	S	Biofortification	55.41	40.86
MIB 391	Black	S	Biofortification	53.82	43.05
MIB 220	Blanca	S	Biofortification	52.41	38.80
MIB 394	Black	S	Biofortification	50.59	49.02
MIB 221	Small red	S	Biofortification	50.36	41.31
MIB 396		S	Biofortification	48.99	37.25
MIB 333	Small red	M	Biofortification	46.72	43.57
MAB 382	Carioca	S	Angular leaf spot	71.78	43.21
MAB 359	Black	S	Angular leaf spot	65.91	38.27
MAB 358	Black	S	Angular leaf spot	42.54	34.65
EMP 522		S	Multiple resistance	62.28	37.67
EMP 509		S	Multiple resistance	51.36	34.07
SER 49	Small red	M	Drought	68.74	38.21
SER 68	Small red	S	Drought	64.29	38.57
SER 125	Small red	M	Drought	60.97	33.96
SER 84	Small red	S	Drought	58.87	45.82
SER 88	Small red	S	Drought	57.96	34.57
SER 137	Small red	S	Drought	57.17	33.89
SER 92	Small red	S	Drought	55.66	33.94
SER 69	Small red	S	Drought	55.48	33.76
SER 98	Small red	M	Drought	54.41	34.59
SER 70	Small red	S	Drought	53.81	29.33
SER 87	Small red	S	Drought	52.95	31.68
SEN 37	Black	S	Drought	52.41	35.22
SEN 36	Black	S	Drought	52.30	30.72
SER 48	Small red	M	Drought	51.94	38.78
SER 97	Small red	M	Drought	49.89	27.16
SER 26	Small red	S	Drought	49.85	28.04
SER 95	Small red	M	Drought	48.32	32.17
SER 118	Small red	S	Drought	45.53	27.20
SER 21	Small red	S	Drought	44.38	31.24
SXB	Negro	S	Drought	44.06	26.56
SER 135	Rojo	M	Drought	42.16	30.37
SER 12	Rojo	S	Drought	42.04	33.68
SER 22	Rojo	S	Drought	41.36	30.16

INFORME PARA FONTAGRO CORESPONDIENTE AL AÑO 2007

TRABAJOS EJECUTADOS CON MAICES DE ALTA CALIDAD DE PROTEINA (QPM)

Antecedentes

En Bolivia se destina aproximadamente unas 200 000 toneladas métricas de maíz para el consumo humano directo, de las cuales 140 000 toneladas son producidas en la zona andina y 60 000 toneladas en las zonas bajas del país. El consumo humano representa aproximadamente 240 calorías diarias *per capita*, cifra relativamente baja en relación con otros países de América Latina, el valor es relativamente bajo por ser un promedio para toda la población nacional, pero si solamente consideramos las zonas productoras de maíz, donde el consumo es obviamente mayor, la cantidad de calorías *per capita* es superior y si nos circunscribimos al área rural de los valles templados, es posible imaginar un consumo cercano a las 400 calorías diarias aportadas por el maíz, o sea el equivalente al 35% de la ingesta energética de la población rural de los valles templados. Estas cifras nos muestran la importancia del maíz para consumo humano, especialmente en los valles templados (Avila 2006).

Si consideramos el aporte del maíz en la dieta proteínica, su importancia es menor, tanto en cantidad como en calidad, debido a que las proteínas de los granos del maíz tienen una calidad biológica, bastante deficiente, por el bajo contenido de dos aminoácidos indispensables que son la lisina y el triptofano.

El maíz es un alimento básicamente energético que produce aproximadamente 3.78 calorías por gramo, ya que el 70% del grano de los maíces bolivianos, están constituidos por carbohidratos de alta digestibilidad (95%), aproximadamente entre el 3.5 al 4% corresponde al aceite y entre el 7 al 13% a las proteínas (Avila 1973). El maíz de consumo humano aporta a la dieta nacional unas 18 000 toneladas anuales de proteína, esta cantidad si bien es baja pero es importante para un país con déficit proteínico.

En el país, la desnutrición alcanza al 7.5 % de la población menor de 5 años según datos del Instituto Nacional de Estadísticas, basados en la Encuesta Nacional Demográfica y Salud (EDSA) del 2003, por su puesto la desnutrición es mayor en el área rural y menor en la zona urbana. Al ser el maíz mayormente consumido en la zona rural, si se mejora la calidad de proteína del mismo, el impacto de este trabajo es de enorme importancia para disminuir los efectos trágicos de la desnutrición proteínica infantil.

El maíz presenta cuatro tipos de proteína, la albúmina y globulinas, la glutelina y la zeína, las dos últimas corresponden a más del 80% de las proteínas totales, más el nitrógeno no proteínico. El porcentaje de lisina y triptofano sobre la proteína total en el maíz normal es de 2.91 y 1.01, mientras que en el maíz opaco 2 es de 4.37 y 1.60 respectivamente (Mertz 1964).

El Panel Ad Hoc para el Maíz de Alta Calidad de Proteína (QPM), del Comité de Innovación Tecnológica sobre Ciencia y Tecnología para el Desarrollo Internacional, organizado por el National Research Council (1988), afirma que el maíz contribuye con el 15.4% de la proteína producida en el mundo, más que cualquier cultivo excepto el trigo y afirma que en el tercer mundo, tiene las siguientes características:

- Da la mayor productividad por hora de trabajo gastada
- Provee nutrientes en forma compacta
- Es fácil de transportar
- Está protegido contra pájaros y lluvia a través de sus brácteas

A esas conclusiones se puede aumentar que la proteína producida por el maíz se puede almacenar con facilidad, ya que no es rápidamente perecible y no requiere conservar con refrigeración como los productos de origen animal.

Durante el año agrícola 2006-2007, se han ejecutado las siguientes labores

1. Formación de una variedad choclera con adaptación subtropical a tropical

Con esta variedad, formada en base al retrocruzamiento de (Ancho X Tuxpeño opaco-2) X Tuxpeño opaco-2, se pretende enriquecer la variabilidad genética de esta especie cultivada en las zonas bajas o tropicales de nuestro medio, satisfaciendo en parte las necesidades de diversificación de la producción agrícola especialmente de la zona tropical de Chapare, teniendo de esta manera los agricultores la posibilidad de producir choclo durante la época invernal alcanzando precios interesantes para su economía, cuando en los mercados urbanos escasea la oferta de este producto.

Esta variedad, fue denominada Aychasara-102 presenta granos blancos de tamaño mediano con textura amilácea y alta calidad de proteína, debido a que es portadora del gene opaco-2 al estado homocigótico, lo cual le permite elevar el contenido de lisina y triptófano del endospermo, aminoácidos importantes especialmente para mejorar la dieta proteínica de los niños con problemas de nutrición.

Tomando en cuenta estos aspectos y los concernientes al de una variedad choclera para zonas tropicales, durante el año agrícola 2006/7, en un ambiente aislado de Pairumani, esta variedad nueva fue sometida a un último ciclo de recombinación y selección, considerando los aspectos de rendimiento en grano, el fenotipo de mazorca seleccionado para un tamaño mediano de grano de 10 a 14 hileras/mazorca, altura de planta e inserción de mazorca en equilibrio, tolerancia de la planta ciertas especies de virus y micoplasmas, tolerancia a patógenos causantes de pudriciones de mazorca como *Fusarium* ssp. muy común en ambientes de producción de maíz blando; conformando así la semilla genética de una nueva variedad trabajada en el CIFP.

2. Formación de una variedad QPM de grano amarillo para zonas tropicales.

En la dinámica del mejoramiento, es importante tomar en cuenta la relación entre las nuevas variedades de maíz y las necesidades manifestadas por las poblaciones consumidoras. Por tanto, con la formación de esta variedad de maíz tropical de grano amarillo, que también puede cultivarse con excelentes resultados de rendimiento en las zonas subtropicales y de valle, podría permitirse la provisión de materia prima para la

elaboración de productos alimenticios de consumo tradicional como el pan de maíz (en combinación con harina de trigo), las rosquillas, biscochos y otros típicos de las zonas bajas; como también para la elaboración de api o mazamorra de color amarillo, que podría utilizarse como desayuno escolar tanto en los medios rurales como urbanos.

En este sentido, utilizando los recursos genéticos de maíz para zonas tropicales (desarrollados por el CIFP), se realizaron cruzamientos entre líneas de grano normal y color amarillo por la variedad Tuxpeño opaco-2 de grano blanco y endospermo suave o amiláceo.

Luego, en base a la selección de granos segregantes para color amarillo y endospermo harinoso (obtenidos mediante varios ciclos de autofecundación y la realización de una serie de cruzamientos manuales entre plantas seleccionadas por su capacidad adaptativa a zonas de ambiente tropical como Chapare), se realizaron ciclos de recombinación y selección para los siguientes caracteres: sanidad de planta y mazorca, altura de planta e inserción de mazorca, rendimiento en grano, prolificidad, color amarillo intenso de grano y lo más importante la presencia del gene opaco-2.

Este recurso genético, durante el ciclo agrícola 2006/7, en un lote aislado de Pairumani fue sometido a un 1er. ciclo de recombinación y “Selección Masal” para los caracteres antes mencionados, obteniéndose como resultado la semilla genética con un potencial interesante para rendimiento en grano debido a un buen índice de prolificidad (1.18 mazorcas/planta) y también por el aspecto nutricional.

3. Formación de una variedad QPM de granos negros para zonas de valle

En el CIFP, se han estado desarrollando y seleccionando variedades de maíz de alta calidad proteínica para los diferentes ambientes agrícolas de nuestro medio utilizando el gene opaco-2, constituyendo una alternativa muy interesante e importante como fuente proteínica para la alimentación humana, especialmente para lactantes y niños pertenecientes a familias de escasos recursos en las que constituye casi imposible consumir proteína de origen animal en la alimentación diaria, debido al elevado costo que esto significa para su economía.

En este sentido, utilizando una variedad Kulli de ciclo precoz de grano normal y rendimientos bajos, muy apreciada por el color del grano para la elaboración de api (consumido como desayuno), y la variedad mejorada Tuxpeño opaco-2 (con altos contenidos de lisina y triptófano, además tolerante al ataque de enfermedades fungosas, virósicas y/o micoplásmicas), se realizó un cruzamiento con el objetivo de formar una variedad de grano morado intenso a negro, de alta calidad de proteína, de rendimientos superiores al de las variedades Kulli locales, con mayor tolerancia a las enfermedades del medio y ciclo semi-precoz, este último carácter resulta ser muy importante para el cierre de un ciclo de siembra de un agricultor cuando el periodo de lluvias han sido retrasadas significativamente.

La base genética de esta variedad en formación, se estableció con las progenies segregantes en el cruzamiento antes mencionado, aplicándose en este material una serie de ciclos de recombinación y selección que se precisan para fijar el color oscuro en el grano, fijar el gen opaco-2 y los caracteres deseables.

Es así que en base a un material genético pre-trabajado y portador de los caracteres antes mencionados, durante el período agrícola 2006/7 en un lote aislado perteneciente al CIFP, se realizó un 7mo. ciclo de recombinación y selección, obteniendo como resultado una la semilla genética con un potencial de los siguientes caracteres: un rendimiento en grano aproximado de 4700 kg/ha, índice de inserción de mazorca de 0.47 (alt. maz. / alt. plta.), 70 días a la floración femenina, 87% de grano con relación a la mazorca completa, grano morado a negro en un 85%, grano amiláceo próximo a un 90% y buena tolerancia a enfermedades de planta y mazorca.

4. Formación de una variedad choclera QPM de ciclo semi-precoz para zonas de valle.

Aprovechando la divergencia genética y las diferencias fenotípicas manifestadas por las variedades portadoras del gene opaco-2 (trabajadas en el CIFP), se dio inicio a la formación de otra de las variedades de maíz destinadas para la producción de choclo y ciclo semiprecóz, considerando la necesidad de este tipo de semilla que tienen los agricultores para iniciar o finalizar un período de siembra de acuerdo a las características del ambiente u oportunidades del mercado. Esta variedad, denominada Aychasara-9, se origina a partir del cruzamiento de Aychasara-8 (de ciclo precoz, grano blanco, textura amilácea, susceptible a las enfermedades causantes de la pudrición de mazorca) por Aychasara-101 (de ciclo normal, grano blanco, textura amilácea y altamente tolerante a pudriciones de mazorca en zonas de valle), ambas variedades portadoras de la mutación opaco-2.

Esta variedad en formación, durante el ciclo agrícola 2006/7, ha sido sometida a un 6to. ciclo de recombinación y selección mediante polinización libre en un lote aislado perteneciente al CIFP. Durante este período de trabajo, la nueva variedad presentó granos de tamaño mediano y textura amilácea, un potencial de rendimiento de 4900 kg/ha, altura de planta e inserción de mazorca de 183 y 94 cms. respectivamente, mazorcas medianas de aspecto choclero, tolerancia a enfermedades de planta y mazorca (fungosas, virósicas y/o micoplásmicas) y un ciclo vegetativo semi-precoz (73 días a la floración femenina); información aproximada con que cuenta la semilla genética de Aychasara-9 para propósitos de producción.

Difusión y producción de semilla

El año 2007 el Centro Semillas Pairumani, vendió 45000 kgs de semilla de maíces opaco 2, mejoradas por el centro de Investigaciones Fitoecogenéticas de Pairumani, sobresaliendo la venta de Aycha sara101. Si consideramos que los agricultores pequeños compran un promedio de 15Kg por familia, se atendió directamente a 3000 familias (Informe de ventas del Centro Semillas Pairumani 2007), sin embargo en base a muestreos realizados el año 2002 por el Centro de Investigaciones Fitoecogenéticas de Pairumani, por cada agricultor que compra semilla en el Centro Semillas Pairumani, 5 agricultores siembran la variedad mejorada con semilla adquirida de otros agricultores o producida por ellos mismos, lo que mostraría que cerca de 15000 familias de pequeños agricultores andinos han sembrado el pasado año variedades de maíz de alta calidad de proteína.

Se han re-editado tres trípticos sobre frijol y maíz los cuales contienen recomendaciones dirigidas a los agricultores.

Referencias bibliográficas

AVILA, G. 1973. El maíz opaco 2 en la alimentación infantil. Revista de Pediatría. Cochabamba, Bolivia. Vol. 5:130-139.

AVILA, G. 2006 Maíces con alta calidad de proteína . Genómica. Año2, N° 4 pp:13-16

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA (INE) 2007. Encuesta Demográfica Nacional y Salud, para el año 2003. [www//ine.gov.bo](http://www.ine.gov.bo)

MERTZ, E. y L. BATES 1964 Mutant gene that changes protein composition and increases lysine content of maize endosperm. Science 145: 279-280

PANEL AD HOC OF THE ADVISOR COMMITTEE ON TECHNOLOGY INNOVATION BOARD ON SCIENCE AND TECHNOLOGY FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT 1988. Quality –Protein Maize. National Research Council. National Academy Press. Washington, D.C. USA.

1. INFORMACION DEL PROYECTO

Título del Proyecto: MEJORAMIENTO DE LA NUTRICION HUMANA EN COMUNIDADES POBRES DE AMERICA LATINA UTILIZANDO MAIZ (QPM) Y FRIJOL COMUN BIOFORTIFICADO CON MICRONUTRIENTES

Reporte del Período: 10-10-06 hasta 31-12-07

Institución Responsable: Fundación para la Investigación y desarrollo Agrícola – FIDAR
Dirección: Recta Cali-Palmira Km17. Parque Agronatura CIAT
Fax: 57-2-4450106 tel: 57-2-4450107
Cali, Colombia.

Organizaciones Coejecutoras:- P. Mejoramiento fríjol CIAT
-AGROSALUD.CIAT.
-U. del Valle
-Oficina Regional de CIMMYT, Colombia.
-Organizaciones de Agricultores de Cauca, Nariño y Valle del Cauca.

Responsables del Informe: José Restrepo. FIDAR.
Daniel Villada. FIDAR.
Carlos M Hernández. FIDAR

2. Principales actividades realizadas.

Este informe describe los avances del proyecto “Mejoramiento de la nutrición humana en comunidades pobres de América Latina utilizando Maíz QPM y fríjol biofortificado con micronutrientes” durante el período Octubre del 2006 a Diciembre del 2007.

La zona geográfica donde se ejecutó el proyecto comprende la zona andina de Colombia, especialmente la región de clima medio de los departamentos del Cauca, Nariño y Valle del Cauca.

Durante este período se consolidaron y desarrollaron las siguientes actividades: a- multiplicación de semilla y registro de variedades de fríjol de mejor calidad nutricional y de maíz QPM, b- capacitación y socialización de los resultados con agricultores y técnicos de entidades y organizaciones

gubernamentales y privadas encargadas de programas de seguridad alimentaria y nutrición. c- estudios relacionados con estrategias para el mercadeo de maíz y frijol de mejor calidad nutricional.

2.1 Principales resultados para frijol de mejor calidad nutricional.

Se logró un mayor conocimiento del germoplasma local del cultivo de frijol del sur occidente colombiano (departamentos de Cauca, Nariño y Valle de Cauca) en cuanto a su calidad nutricional, especialmente por los contenidos de minerales. Los resultados obtenidos permiten confirmar que existe una gran variabilidad genética de frijol en cuanto a contenidos de Fe y Zn, lo cual favorece la selección de materiales promisorios de acuerdo a sus características de color, tamaño etc y su posterior cruzamiento con materiales de mejor densidad de micronutrientes de otros países o regiones.

Esta gran variabilidad genética puede servir también, para una mejor utilización en forma directa de los materiales nativos o mejorados para recomendarlos en programas de nutrición y seguridad alimentaria que actualmente adelantan diferentes instituciones gubernamentales y no gubernamentales en Colombia. Se fortaleció la producción de frijol en zonas de ladera de los departamentos de Cauca, Nariño y Valle del Cauca con nuevas variedades como CAL96, CAL143 de buen potencial de rendimiento y tolerantes a enfermedades fungosas y las líneas NUA 35 y 45 con alto contenido de hierro y zinc y de buenas características agronómicas y aceptación por los agricultores por su color y tamaño del grano. El aumento en la calidad nutricional del frijol cultivado en esta zona, tendrá un impacto a futuro sobre la nutrición, especialmente de poblaciones pobres que no disponen de suficientes recursos económicos para tener una dieta balanceada o no tienen acceso a fuentes proteicas como la carne el pollo y el pescado, por sus altos precios o por su bajo nivel de ingresos.

Para lograr lo anterior, venimos trabajando a nivel de los agricultores y consumidores, durante el 2007 y el 2008 con pequeños proyectos, orientados al registro y certificación de variedades, producción de semillas, estudios de mercado de los nuevos materiales y la difusión y socialización de las bondades de estas variedades a nivel de organizaciones de agricultores, unidades de asistencia técnica y entidades que manejan planes de seguridad alimentaria, como el ICBF especialmente con niños, jóvenes y madres cabeza de familia.

2.3 Resultados obtenidos para el maíz QPM

En relación al cultivo de maíz QPM se han realizado tres tipos de actividades; la primera, relacionada con la evaluación en campo con participación de agricultores de híbridos y variedades de maíz normal y QPM de grano blanco y amarillo. Los materiales sembrados en fincas de los agricultores en once municipios de cuatro departamentos (estados) de Colombia fueron los siguientes: SO3TLWQAB03, S03TLWQAB05, S03TLYQAB05, S99TLYQGAB05,(CML264/CML273Q)CML491,CLQRCWQ10/CLQ315)CML49

1 y el (CML144/CML159)CML502. Los anteriores materiales, fueron también comparados con los híbridos y variedades comerciales locales: H-112, FNC-3056, ICA V-305 y el ICA V-354.

De acuerdo a los resultados de los ensayos donde se establecieron los híbridos y variedades de maíz QPM, el mejor híbrido, al realizar el análisis estadístico en las once localidades, fue el (CML264Q/CML273Q) CML491 con rendimiento de 5.28 Ton/Há, seguido por el híbrido (CLQRCWQ10/CLQ6315) CML491 con rendimiento de 4.83 Ton/Há y el testigo comercial FNC-3056 con 4.83 Ton/Há. Los anteriores rendimientos no fueron muy altos porque a pesar del riego, algunos ensayos fueron afectados por sequía, especialmente en el llenado del grano

En relación a las variedades, las de mejor desempeño fueron los materiales sintéticos S03TLWQAB05 con rendimiento promedio para los 11 sitios de 4.61 Ton/Há y la SO3TLYQAB05 con 4.57 Ton/Há seguidos de las variedades S03TLWQAB03 con 3.91 Ton/Há y S99TLYQGHAB 3.90 Ton/Há. Las variedades testigo ICA-V305 de color amarillo y la variedad ICA V-354 de color blanco tuvieron rendimientos de 3.73 Ton/Ha para la primera y de 3.81 Ton/Ha para la segunda. Como se puede observar las variedades sintéticas QPM presentaron rendimientos muy cerca al de los híbridos.

La segunda actividad estuvo orientada a la evaluación agronómica de variedades blancas y amarillas, con el fin de de obtener registro ICA de por lo menos dos variedades de maíz QPM. Las variedades de mejor desempeño fueron los materiales sintéticos S03TLWQAB05 con rendimiento promedio para los 11 sitios de 4.61 Ton/Há y la SO3TLYQAB05 con 4.57 Ton/Há seguidos de las variedades S03TLWQAB03 con 3.91 Ton/Há y S99TLYQGHAB 3.90 Ton/Há. Las variedades testigo ICA-V305 de color amarillo y la variedad ICA V-354 de color blanco tuvieron rendimientos de 3.73 Ton/Ha para la primera y de 3.81 Ton/Ha para la segunda.

Las dos mejores variedades sintéticas QPM que presentaron buena adaptación y rendimiento en los ensayos cosechados en el primer semestre del 2007 fueron sembrados con otros materiales de maíz normales y QPM y dos testigos locales en ocho ensayos en cuatro localidades de los departamentos de Cauca, Valle del Cauca y Risaralda. Estos ensayos vienen siendo visitados por técnicos del ICA con el fin de evaluarlos y emitir el concepto sobre el registro para por lo menos dos variedades QPM.

Como se mencionó en el punto anterior, los ensayos fueron sembrados a finales del 2007 y se espera cosecharlos a finales del mes de Febrero del 2008. Hasta el momento todos los ensayos presentan buen desarrollo y no se han presentado problemas fitosanitarios graves. Los materiales que vienen siendo evaluados en los cuatro sitios por FIDAR, FENALCE y el ICA son los siguientes: SO3TLYQAB05, (CIMCALI03HCG1A, Caicedonia00PHAE01A, Turipana01DMR1D, Villavicencio01PHAE01A, Cimcali97ACAHP1ASA4, Menegua03GIOE01C, S99TLYQG-AB, ICA- V-305 de color amarillo y los materiales de color blanco S03TLWQAB05, Cimcali03HCG2A, Granada 03 Poly2A(SA7,S1), Cimcali03COG2A, Cimcali97Achap2ASA6, Granada03Poly2A(SA6,S1) y el testigo local la variedad ICA-V-354.

La tercera actividad está relacionada con lotes de producción de semilla de híbridos y variedades sintéticas de maíz QPM, con el fin de dar a conocer las bondades del maíz QPM a nivel de agricultores, técnicos de la Federación Nacional de Cerealistas (FENALCE) y de otras ONG y UMATAS que trabajan con programas de seguridad alimentaria en Colombia.

Durante el año 2007 se establecieron lotes para multiplicación de semilla, obteniendo las siguientes cantidades de semilla:

Material	Lugar	Semilla Producida (Kg)
(CML273Q/CML264Q)CML491	CIAT	4500
S99TLYQGAB	CIAT	1100
SO3TLYQAB05	Darién	Por cosechar en Feb 08
SO3TLWQAB05	Caldono	Por cosechar en Feb 08

Esta semilla se está produciendo para diferentes usos siendo los más importantes la evaluación en dietas para uso humano, la entrega de semilla básica para instituciones de fomento como FENALCE y para evaluar con algunos grupos de agricultores de los departamentos de Cauca y Valle del Cauca.

3. Capacitación y socialización de la información.

La difusión de los resultados del proyecto se ha venido realizando en diferentes reuniones, talleres y días de campo a nivel local, internacional y regional con participación de técnicos, docentes, especialistas en nutrición y agricultores.

Los principales eventos, talleres de capacitación y jornadas de campo realizadas con especialistas, técnicos y agricultores durante el año 2007 fueron los siguientes:

Mayo 31- Jun 5	Décimo Congreso de la Asociación de Fitomejoramiento y Producción de cultivos de Colombia. Presentación de resultados del proyecto FONTAGRO. San Juan de Pasto, Colombia.
Junio 5-7	Taller de Seguimiento Técnico de proyectos FONTAGRO para la región Andina. Presentación de resultados finales del proyecto. Quito, Ecuador.
Agosto 1-4	Congreso de la Asociación de Nutrición y Dietética de Colombia. Presentación de avances de los cultivos de mejor calidad nutricional. Armenia, Colombia
Septiembre 4	Presentación del manual "Aprendiendo a vivir mejor desde la escuela. La seguridad alimentaria y la nutrición. Proyecto de seguridad alimentaria, Gobernación del Valle. Cali, Colombia.

- Octubre 24 Presentación del manual “Aprendiendo a vivir mejor desde la escuela. La seguridad alimentaria y la nutrición. Proyecto de seguridad alimentaria Panes. Gobernación del Cauca. Popayán, Colombia
- Nov 1- Dic 10 Reunión con organizaciones de madres comunitarias del ICBF en los municipios de: Buenos Aires, Cajibío, Caldono, Corinto, Morales, Jambaló, Silvia, Santander de Quilichao, Mercaderes, Timbío, Pto Tejada y el Patía para realizar estudio de mercado sobre frijol y maíz de mejor calidad nutricional. Cauca, Colombia
- Nov 25 – Dic 20 Reuniones con Organizaciones de Agricultores y Técnicos de UMATAS para estudio de mercado de cultivos de maíz y frijol de mejor calidad nutricional en los municipios de Buenos Aires, Cajibío, Caldono, Corinto, Morales, Jambaló, Silvia, Santander de Quilichao, Mercaderes, Timbío, Pto Tejada y el Patía. Cauca, Colombia.

4. Resumen del estudio de mercadeo social para maíz y frijol de mejor calidad nutricional.

Estrategias de mercadeo social para el posicionamiento de maíz y frijol de mejor calidad nutricional en instituciones que apoyan programas de seguridad alimentaria y nutrición en el departamento del Cauca.

De acuerdo al trabajo adelantado a nivel nacional por el Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF) la prevalencia de la deficiencia en la ingesta usual de proteínas en Colombia es del 36%, siendo las regiones Atlántica y Pacífica donde la proporción de individuos en riesgo de ingesta inadecuada de proteínas fue de 42% y 43% respectivamente. En relación a los problemas de anemia y deficiencia de hierro a nivel nacional el promedio es del 33.2%, siendo la región Atlántica, a la cual pertenecen los departamentos Sucre y Córdoba la que presenta mayores problemas con un porcentaje del 45.1%, seguida de la región pacífica con 33.7% donde se encuentran los departamentos del Cauca y Nariño.^[1]

Teniendo como base el anterior trabajo, se realizó un estudio por parte de FIDAR con el apoyo de CIAT y CIMMYT durante los años 2007-2008 orientado a caracterizar y cuantificar el consumo de maíz y frijol y su importancia en la dieta como fuente de carbohidratos, proteínas y minerales en las minutas de los niños que son atendidos por hogares comunitarios del ICBF por problemas de desnutrición o por falta de una alimentación adecuada en sus casas.

El objetivo principal de este estudio fue el de analizar los canales de comercialización y mercadeo del maíz y frijol que consumen las entidades como el ICBF en sus programas de nutrición, con el fin de diseñar una

estrategia para el posicionamiento de fríjol de de mejor calidad nutricional y el maíz de mejor calidad proteica (QPM), que sirva de referencia para otras regiones de Colombia o de Latinoamérica que ejecutan programas similares con instituciones sociales.

Para desarrollar este objetivo se tuvo en cuenta que el departamento del Cauca está conformado por 41 unidades político administrativas (municipios) y el paso inicial para determinar en qué municipios se realizaría el estudio fue el cruce de variables de necesidades básicas insatisfechas NBI con los aspectos de la producción local de fríjol y maíz. Este procedimiento arrojó alrededor de 24 municipios que mostraban tener las condiciones necesarias para el estudio. Posterior a este resultado se determinó el tamaño de la muestra con base al modelo de Pita Fernández S^[2] arrojando un rango de muestra entre 12 y 14 , siendo seleccionados los siguientes municipios: Silvia, Caloto, Santander de Quilichao, Buenos Aires, Puerto Tejada, Totoró, Caldono, Patía, El Bordo, Mercaderes, Morales, Cajibío, El Tambo.

El Instituto de Bienestar Familiar Regional Cauca, dentro de su estructura organizacional agrupa a los hogares comunitarios de todo el departamento en seis centros zonales: Centro, indígena, norte, sur, macizo colombiano, costa pacífica. Dentro de cada centro zonal se encuentran las asociaciones que agrupan a los hogares comunitarios de acuerdo a su cercanía. Estas asociaciones las presiden las juntas de padres de familia, que generalmente llevan sus hijos, nietos o familiares a estas instituciones. Estas juntas de padres participan con algún poder de decisión en la compra de algunos de los alimentos que se consumen en los hogares apoyados por el ICBF.

Para conocer con mayor detalle el tipo de maíz y frijol, la presentación, las condiciones económicas por los distribuidores que lo venden etc, se realizó una encuesta con las coordinadoras y algunas madres de familia de más de 70 hogares comunitarios en los trece municipios seleccionados. Después se procedió a jornadas de información sobre los cultivos biofortificados en relación a su origen, características agronómicas y nutricionales y sus diferencias con los cultivos de maíz y frijol convencionales.

Con toda la información anterior, se diseñó una estrategia a futuro para el posicionamiento del maíz y frijol biofortificado, en un mercado de tipo social, considerando aspectos como la organización de los agricultores en una empresa o cooperativa para el acopio y la venta de los granos biofortificados, la marca, el tipo de empaque y la publicidad etc.

Un resumen de los principales resultados de este estudio fueron los siguientes:

- El consumo de maíz y frijol en los hogares comunitarios del área rural del departamento del Cauca del ICBF es bajo. Se suministra 60 gr/niño de frijol cada 15 días y de maíz 40gr/niño cada 8 días.
- En las casas de las familias de los niños el consumo es un poco más alto 60gr por niño de frijol y 120 gr de maíz por semana para cada niño.
- En época de cosecha, el consumo de frijol y maíz se aumenta por semana, especialmente en las casas de las familias de los municipios

con mayor población indígena, seguidos por las familias afrocolombianas y en tercer lugar por los mestizos.

- En relación a las preferencias por color y clase de frijol, las comunidades indígenas prefieren las variedades de color rojo tipo radical y cuando se presenta escasez emplean una mezcla de variedades de diferente tamaño y color. Los afrocolombianos y los mestizos consumen las variedades rojo moteado (tipo Calima) y rojo tipo cargamanto. En cuanto a la humedad del frijol, los diferentes grupos étnicos prefieren el frijol verde. Sin embargo, como no hay una oferta permanente o no disponen de refrigeración, el mayor consumo es de frijol seco.
- En cuanto al tipo de maíz, la mayor preferencia es por las variedades de color amarillo para la mayoría de la población, en las tres etnias. Las variedades de maíz blanco es demandada por algunos grupos, especialmente los mestizos. En relación a la harina de maíz en algunas zonas, especialmente las habitadas por afrocolombianos y mestizos, el consumo viene en aumento, para la preparación de arepas y sopas.
- El precio del frijol y el maíz que fijan los proveedores de los hogares comunitarios es en promedio muy similar al que se consigue en el mercado a nivel de galerías o en los graneros y almacenes de cadena.
- En relación al tipo de empaque, la presentación más común es en bolsa plástica de libra. Algunos proveedores tienen una marca específica para el maíz y el frijol, otros solo la empacan en bolsas plásticas transparentes.
- Para el maíz (QPM) y el frijol de mejor calidad nutricional se sugiere tener en cuenta las siguientes consideraciones:
 - 1- Es importante que los productores que siembren el maíz y el frijol de mejor calidad nutricional se organicen en una empresa o cooperativa que les permita comercializar el grano de frijol y el maíz con el fin de ser más competitivos en el precio y al mismo tiempo permitir un mejor control del producto.
 - 2- Se sugiere que se contrate la producción de la semilla con una entidad especializada.
 - 3- La creación de una empresa de comercialización por parte de los productores permitiría una mayor eficiencia de la cadena productiva al lograr una menor intermediación y un mayor control de la calidad sanitaria y nutricional.
 - 4- Para el posicionamiento del frijol y el maíz de mejor calidad nutricional en un mercado de tipo social, como son los hogares infantiles y comunitarios, los comedores infantiles etc se recomienda tener en cuenta factores como marca, logo, tipo de empaque, volantes de información del producto y aspectos de promoción y canales de comercialización.

^[1] ENSIN-ICBF-2001

^[2] Pita Fernández S. Unidad de Epidemiología y Bioestadística. Complejo Hospitalario Juan Canalejo. A. Coruña Cad Aten 1996; 3: 138-14.



INFORME PROYECTO FONTAGRO

Mejoramiento de la Nutrición Humana en comunidades pobres de América Latina utilizando Maíz (QPM) y Fríjol común biofortificado con micronutrientes. Año 2007

Coordinadora Nacional: María Elena Morros

1. RESUMEN

Durante el año 2007, las acciones del proyecto en Venezuela se centraron en dos objetivos: 1. Analizar y evaluar germoplasma local e introducido de caraota por su desempeño agronómico y contenido nutricional con participación de los técnicos y agricultores de cada región y 2. Informar y capacitar a los agricultores, padres de familia y técnicos de instituciones locales en las ventajas de las nuevas variedades de mejor contenido nutricional, con el fin de incluirlas en sus estrategias y programas de seguridad alimentaria. La estrategia llevada a cabo en el proyecto ha sido la interacción y acción articulada con proyectos nacionales relacionados con el mejoramiento genético, y el uso de la biotecnología como herramienta para el mejoramiento de la caraota con énfasis en la calidad nutritiva de los materiales, lo que ha permitido conformar un equipo de investigadores interesados en el área de la biofortificación y en el desarrollo de alimentos. Se ha contado con el apoyo del CIAT, para la capacitación en el área de biofortificación, el suministro de materiales promisorios de fríjol de alto contenido de minerales, con tolerancia a algunas plagas y sequía y para la realización de análisis del contenido mineral de los materiales evaluados en el país. Durante el año 2007 se evaluaron las líneas promisorias provenientes de CIAT, en dos áreas agroecológicas del país: Aragua y Portuguesa; producto de este esfuerzo en la actualidad se cuenta con una cantidad adecuada de semilla de estos materiales para proceder a su distribución y evaluación en otras zonas del país. Se ha fortalecido la relación con grupos de agricultores y empresas rurales que trabajan en procesos de producción de caraota y maíz, y preparación de alimentos, considerados socios estratégicos del proyecto. En el caso de las variedades QPM de maíz producidas por el programa de mejoramiento genético del INIA durante el año 2007, se inició la producción de semilla certificada de dos variedades y un híbrido QPM en el marco del Plan nacional de semillas que adelanta la institución, con el apoyo de productores cooperadores. En materia de difusión se realizaron diversas actividades entre las que se destaca la realización del Foro internacional sobre Leguminosas, salud y Nutrición, al cual asistieron catorce instituciones de ámbito nacional, el dictado de conferencias en eventos científicos relacionadas con el tema de la biofortificación, incluyendo la reunión de seguimiento de FONTAGRO, la participación de grupos organizados de base en actividades del proyecto y el diseño y publicación de un tríptico del proyecto.



2. JUSTIFICACIÓN

Las Leguminosas Comestibles han formado parte de la mesa del venezolano desde tiempos ancestrales; su consumo especialmente en el medio rural constituye la base de la alimentación y la principal fuente de proteínas de los sectores más pobres. Sin embargo, tan importante como su cantidad es la calidad de la proteína de las Leguminosas. En general, es un hecho aceptado y comprobado que la proteína de las leguminosas es rica en aminoácidos esenciales como la lisina y pobre en los aminoácidos esenciales azufrados, de lo que se desprende que si se combinan leguminosas y cereales estaremos consumiendo una proteína de mayor calidad. Por otra parte, además de la calidad y cantidad de proteínas las leguminosas son fuente importante de fibra dietética, vitaminas del complejo B y minerales como el calcio, el hierro y zinc. El surgimiento en los últimos años de diversos reportes científicos, principalmente en la prevención de ciertas enfermedades como la diabetes, la arteriosclerosis y cáncer del colon, proponen ubicarlas en la categoría de alimentos funcionales por sus beneficios en la salud humana. Una línea de Investigación que ha venido tomando fuerza en los programas de Mejoramiento Genético, es la Biofortificación, haciendo frente al problema de la “desnutrición escondida” debida a deficiencias de micronutrientes, lo cual constituye un problema a escala mundial, estos esfuerzos buscan: la caracterización de la diversidad de la caraota, maíz, yuca, batata, entre otros para calidad nutricional, con el propósito de: evaluar, multiplicar y difundir nuevos materiales de alto contenido de minerales y proteínas; el desarrollo de protocolos para dietas usando estas nuevos materiales y la evaluación de su efecto en poblaciones de alto riesgo de desnutrición. En este orden de ideas se plantea el Foro con el fin de difundir los resultados de diversos proyectos relacionados con el tema, entre profesionales de diversas instituciones de investigación y tomadores de decisiones, para promover alianzas estratégicas entre los proyectos y programas nacionales relacionados con la seguridad alimentaria.

3. OBJETIVO GENERAL.

Desarrollar y evaluar una estrategia para incrementar y conservar la agrobiodiversidad de frijol y maíz como mecanismo para mejorar los sistemas de producción, la seguridad alimentaria y la nutrición en comunidades vulnerables del sector urbano y rural de la zona andina.

4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Analizar y evaluar germoplasma local e introducido de maíz y frijol por su desempeño agronómico y contenido nutricional con participación de los técnicos y agricultores de cada región.
- Informar y capacitar a los agricultores, padres de familia y técnicos de instituciones locales en las ventajas de las nuevas variedades de mejor contenido nutricional, con el fin de incluirlas en sus estrategias y programas de seguridad alimentaria.



5. LOGROS Y AVANCES DEL TEMA DE LA BIOFORTIFICACIÓN EN VENEZUELA:

Conformación de un equipo de investigadores a nivel nacional que apoyan las acciones del proyecto de Biofortificación:

Recursos Fitogenéticos:

- Delis Pèrez. CENIAP. Maracay
- Margartet Gutierrez. CENIAP. Maracay

Mejoramiento Genético:

- Alberto Salih. CENIAP. Maracay. Caraota
- Ramiro de la Cruz. Caraota
- San Vicente Felix. CENIAP. Maracay. Maíz

Agronomía

- Bernardino Arias. INIA Yaracuy
- Luís Carreño. INIA Sucre
- Pablo Hernandez . INIA Lara

Innovación Participativa

- María Elena Morros

Socialización del tema de los Cultivos Biofortificados a nivel interinstitucional, lo que ha motivado el abordaje y el fortalecimiento de esta línea de investigación por otros proyectos nacionales:

- Proyecto BID FONACIT II. Actualmente en fase de culminación
- Proyectos de Mejoramiento Genético de la caraota del INIA. Plan Operativo INIA
- Proyecto de mejoramiento genético del maíz del INIA
- Misión Ciencias. En la actualidad en proceso de planificación.

Líneas de investigación a ser abordadas:

- Biotecnología. Caracterización Molecular de materiales promisorios con el criterio de calidad nutricional
- Mejoramiento Genético. Incorporación del criterio de calidad nutricional
- Evaluación de la calidad nutricional (parámetros químicos) y estudios de los efectos nutricionales de los maíces QPM
- Producción de variedades QPM de maíces amarillos con fines de alimentación animal



- Recursos Fitogenéticos. Determinación de valores nutricionales de materiales seleccionados de los bancos de germoplasmas. Multiplicación de semillas.
- Nutrición. Elaboración de alimentos estratégicos a base de caraotas y maíz. Ejemplo: Pastas integrales enriquecidas con harina de caraotas biofortificadas.
- Transferencia de Tecnología. Alianzas estratégicas interinstitucionales para el abordaje de proyectos en el área de Biofortificación. Articulación del sistema de generación y los actores sociales. Difusión de resultados por diversas vías
- Se cuenta con un grupo de materiales promisorios de caraota provenientes del CIAT (altos en minerales, tolerante a algunas plagas y sequía), las cuales han sido evaluadas agrónomicamente y según contenido de minerales, en dos regiones agroecológicas del país. En la actualidad se cuenta con una cantidad adecuada de semilla de éstos para proceder a su distribución y evaluación en otras zonas del país.
- Del grupo de líneas evaluadas en Venezuela y enviadas al CIAT para su análisis mineral se determinó que las que tienen mejor contenido de hierro fueron MAB 382 (71.78 ppm) MAB 359 (65.91 ppm) las cuales presentan resistencia a mancha angular y la líneas MAB 382 (68.74 ppm) que presenta resistencia a sequía. El contenido de cinc encontrado en este grupo analizado presentó concentraciones altas en los genotipos evaluados, comparados con estudios anteriores. Predominaron las líneas MIB 394 (49.02 ppm) de color negro, tamaño pequeño y alto en mineral, SER 84 (45.82 ppm) resistente a sequía y MIB 390 (45.40 ppm) del grupo de alto contenido de mineral. El contenido de hierro y cinc presentó una correlación de $r=0.45$ $P<0.0054$.
- Producción de semilla de maíz QPM en el marco del Plan Nacional de Semillas del INIA. Se estimó para el año 2007, una producción de 1.000.000 de kg, de semilla certificada, de dos variedades y un híbrido QPM, todos de color blanco.
- Contacto con grupos de mujeres fabricantes de pastas integrales para intercambiar experiencias con grupos de investigación en el área nutricional. Acciones: Evaluación de mezclas de harina de caraota para la elaboración de pastas biofortificadas.
- Interacción con equipo de profesionales de la Universidad Nacional Experimental de Yaracuy para futuras interacciones para la elaboración de alimentos en base a cultivos biofortificados
- Realización del Foro internacional sobre Leguminosas-salud y Nutrición, al cual asistieron catorce instituciones de ámbito nacional
- Edición y publicación del tríptico. ¡Coma bien, coma caraota!



6. ANALIZAR Y EVALUAR GERMOPLASMA LOCAL E INTRODUCIDO DE MAÍZ Y FRÍJOL POR SU DESEMPEÑO AGRONÓMICO Y CONTENIDO NUTRICIONAL CON PARTICIPACIÓN DE LOS TÉCNICOS Y AGRICULTORES DE CADA REGIÓN

6.1 Evaluación de materiales promisorios de caraota con altos niveles de Fe y Zn, provenientes del CIAT. Responsable Alberto Salih. INIA CENIAP

El ensayo se instaló en la localidad de Samán Mocho, estado Carabobo, durante el período noviembre 2006- febrero 2007, bajo la responsabilidad del mejorador Alberto Salih, del INIA. El Ensayo se desarrolló bajo condiciones de secano, situación que representa las condiciones de manejo del cultivo de la caraota en la zona. El diseño que se utilizó fue de látice 7x7, se sembraron 49 genotipos, 3 replicaciones, cada genotipo se sembró en parcelas de 2 surcos de 4 metros de largo, separados a 60 centímetros. Se llevó seguimiento de adaptación, incidencia de plagas y enfermedades y rendimiento.

En el cuadro 1 se observan rendimientos significativos de un grupo de 13 materiales, siendo éstos superiores a los 2000 kg/ha, el rendimiento promedio nacional está alrededor de los 800 kg/ha; tres de materiales son de color negro y tamaño de grano pequeño, características fundamentales para las variedades promisorias en Venezuela; el coeficiente de variación fue relativamente bajo para estas condiciones. Se observó segregación en algunos materiales, en los cuales se realizó ciclos de selección.



CUADRO 1 . ENSAYO PRELIMINAR DE RENDIMIENTO DE LÍNEAS DE CARAOTA DEL PROYECTO BIOFORTIFICACIÓN. SAMÁN MOCHO ESTADO CARABOBO 2007

N° DE REG.	GENOTIPOS	DENOMINACIÓN	COLOR GRANO	TAMAÑO GRANO	REND. kg/ha	ORDEN
1	G25	SEL DE MIB 218	RJ	P	2382	A
2	G32	MIB 428	RJ	M	2345	A
3	G40	MIB 391	NE	P	2306	A
4	G38	SEL DE MIB 222	NE	P	2265	AB
5	G05	NUA 4	RJ mt	G	2240	ABC
6	G34	MIB432	RJ	P	2231	ABC
7	G01	MIB 217	NE	P	2192	ABCD
8	G26	SEL DE MIB 219	RJ Ca	M	2166	ABCD
9	G37	MIB 389	RJ	M	2122	ABCDE
10	G46	CAL 96	RJ mt	G	2118	ABCDE
11	G41	MIB 392	NE	P	2113	ABCDE
12	G42	SEL DE MIB 222	MR	P	2097	ABCDE
13	G39	MIB 444	RJ	P	2091	ABCDE
14	G47	DOR 500	NE	P	2014	ABCDEF
		MA HA RA GI SOJA				
15	G49	(TEST)	AM	P	1967	ABCDEF
16	G33	MIB 431	RJ, BL	M	1950	ABCDEF
17	G23	SEL DE MIB 216	NE	M	1928	ABCDEF
18	G35	MIB 384	RJ	M	1925	ABCDEF
19	G13	INB 35	NE	P	1830	BCDEFG
20	G24	MDSF14744-15	RJ	P	1821	BCDEFG
21	G19	MIB 213	CR RD	P	1791	CDEFG
22	G21	SEL DE MIB 214	CR RD	M	1786	CDEFG
23	G14	INB 36	NE	P	1780	CDEFG
24	G48	FEB 226	CR RD	M	1761	DEFG
25	G44	MIB 396	RJ	P	1746	DEFGH
			CR			
26	G22	SEL DE MIB 215	js/ne	M	1692	EFGH
27	G02	MIB 151	CR	P	1665	EFGH
28	G17	SEL DE MIB 153	OP/B R	P	1559	FGHI
29	G12	DICTA 17	RJ	M	1558	FGHI
30	G20	SEL DE MIB 214	CR RD	M	1459	GHIJ
31	G45	MIB 397	RJ	P	1384	GHIJK
32	G43	MIB 395	RJ	M	1373	GHIJK



33	G15	SEL DE MIB 152	NE BR RJ	P	1286	HIJKL
34	G06	NUA 35	mt/br	G	1153	IJKL
35	G04	MIB 158	RS js RJ	M	1142	IJKL
36	G07	NUA 56	mt/br RJ	M	1113	IJKL
37	G08	NUA 59	mt/sb	M	1110	IJKL
38	G30	MIB 427	BL	M	1073	JKL
39	G16	MIB 465	NE BR	P	1028	JKL
40	G03	MIB 154	CR js	P	999	JKL
41	G10	G 23834 E	RS	M	979	KLM
42	G31	MDSF 14734-31	BL	M	931	KLM
43	G11	G 23834 E	RS	M	928	KLM
44	G29	MIB 427	BL	P	909	LM
45	G36	MIB 385	RJ, BL	P	893	LM
46	G09	G 23818 B	CR	P	871	LM
47	G27	MIB 421	BL	M	845	LM
48	G28	MIB 464	BL	M	825	LM
49	G18	MIB 466	RS js	M	521	M

CV= 17,87%



6.2 Evaluación de materiales promisorios de caraota con altos niveles de Fe y Zn, tolerantes a plagas y resistencia a sequía, provenientes del CIAT. Estado Portuguesa. Venezuela. Responsable: Ing° Ramiro de la Cruz.

En el cuadro N° 2 se detalla la información sobre rendimiento obtenido en el ensayo llevado a cabo en el estado Portuguesa durante el año 2007; en esta primera etapa se evaluaron 3 líneas con resistencia a mancha angular, 2 líneas con resistencia múltiple, 8 líneas altas en minerales y 23 líneas resistentes a sequía. Los materiales recibidos del CIAT se evaluaron de manera preliminar, la cantidad de semilla fue muy poca, lo que no permitió la instalación de un ensayo; los materiales se evaluaron y a la vez se multiplicaron para poder hacer la distribución a otros técnicos para su posterior evaluación en otras áreas del país. En términos generales se observó una buena adaptación de los materiales, tolerancia a las principales plagas y rendimientos superiores a los promedios nacionales de 30 de ellos. Una vez cosechado este ensayo se procedió a enviar una muestra al CIAT para proceder al análisis de micronutrientes.



Gobierno **Bolivariano**
de Venezuela

Ministerio del Poder Popular
para la **Agricultura y Tierras**

Instituto Nacional
de Investigaciones Agrícolas



El Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, es un instituto autónomo, Adscrito al Ministerio del Poder Popular para la Agricultura y Tierras, dedicado a la investigación agrícola desarrollo tecnológico, asesoramiento y prestación de servicios especializados. Dirección: **Presidencia**: Av. Universidad, Esquina El Chorro, Torre MCT, piso 08, La Hoyada, Caracas, Venezuela, Telfs. (58-212) 564.38.62 / 64.66/ 03.55/ 55.42. Fax (58-212) 564.68.32. **Sede Administrativa**: Av. Universidad, vía el Limón, Maracay. Estado Aragua. Central Telefónica: 0243- 2404911. www.inia.gob.ve.



Cuadro 2. Ensayo preliminar de rendimiento de líneas de caraota con altos niveles de Fe y Zn, tolerantes a plagas y resistencia a sequía provenientes del CIAT. Estado Portuguesa. Venezuela. Año 2007

INB 35	MIB 384	MIB 428	MIB 385	FEB 226	DOR 500 (TEST)	MIB 217	SEL DE MIB 219	DICTA 17
1907	1907	1853	1847	1840	1733	1697	1610	1577
NUA 4	MDSF 14744-15	INB 36	CAL 96	MIB 431	MIB 432	MA HA RA GI SOJA (TEST)	MIB 391	MIB 464
1550	1527	1510	1497	1460	1453	1427	1370	1360
MIB 444	MIB 392	MIB 427	MIB 389	SEL DE MIB 153	SEL DE MIB 214	SEL DE MIB 222	MDSF 14734- 31	SEL DE MIB 218
1323	1317	1300	1300	1297	1257	1223	1207	1177
MIB 213	SEL DE MIB 222	MIB 427	SEL DE MIB 216	MIB 396	MIB 151	G 23818 B	SEL DE MIB 152	SEL DE MIB 215
1173	1157	1130	977	917	907	903	813	770
NUA 59	MIB 421	MIB 465	MIB 397	MIB 395	NUA 56	NUA 35	SEL DE MIB 214	MIB 466
770	763	710	706	637	618	610	587	577
G23834 E	MIB 154	MIB 158	G 23823 E					
498	413	350	293					



Resultados del análisis del contenido de hierro y zinc. Realizado en CIAT, Colombia.

Metodología

Un total de 36 líneas fueron enviadas desde Venezuela para ser analizadas para contenido de hierro y cinc. Divididas en tres grupos: 3 líneas con resistencia a mancha angular, 2 líneas con resistencia múltiple, 8 líneas altas en minerales y 23 líneas resistentes a sequía. Cinco gramos de semilla fue secada en un horno a 50oC para que fuera molida en un molino Retsh modificado con cámaras de teflón y balines de zirconio. La harina fue envasada en tarros plásticos de 30ml. La concentración de los minerales fue determinada por espectroscopia de absorción atómica medida en partes por millón (ppm) en el laboratorio de servicios analíticos del CIAT. Los datos fueron analizados usando el programa Statistix v. 8.0, para realizar la estadística descriptiva y calcular la correlación entre las variables.

Resultados y discusión

El promedio de hierro general para el grupo fue de 53.287 y de 35.743 para el contenido de cinc. Las líneas con mejor contenido de hierro fueron MAB 382 (71.78 ppm) MAB 359 (65.91 ppm) las cuales presentan resistencia a mancha angular y la líneas MAB 382 (68.74 ppm) que presenta resistencia a sequía. El contenido de cinc encontrado en este grupo analizado presento concentraciones altas en los genotipos evaluados, comparados con estudios anteriores. Predominaron las líneas MIB 394 (49.02 ppm) de color negro, tamaño pequeño y alto en mineral, SER 84 (45.82 ppm) resistente a sequía y MIB 390 (45.40 ppm) del grupo de alto contenido de mineral. El contenido de hierro y cinc presentó una correlación de $r=0.45$ $P<0.0054$.



Tabla 1. Contenido de hierro y cinc de germoplasma de Venezuela

Genotipo	Color	Tamaño	Proyecto	Hierro ppm	Zinc ppm
MIB 390	Negro	P	Altos minerales	61.62	45.40
MIB 393	Negro	P	Altos minerales	55.41	40.86
MIB 391	Negro	P	Altos minerales	53.82	43.05
MIB 220	Blanca	P	Altos minerales	52.41	38.80
MIB 394	Negro	P	Altos minerales	50.59	49.02
MIB 221	Rojo	P	Altos minerales	50.36	41.31
MIB 396		P	Altos minerales	48.99	37.25
MIB 333	Rojo	M	Altos minerales	46.72	43.57
MAB 382	Crrd	P	Mancha angular	71.78	43.21
MAB 359	Negro	P	Mancha angular	65.91	38.27
MAB 358	Negro	P	Mancha angular	42.54	34.65
EMP 522		P	Res multiples	62.28	37.67
EMP 509		P	Res multiples	51.36	34.07
SER 49	Rojo	M	Sequia	68.74	38.21
SER 68	Rojo	P	Sequia	64.29	38.57
SER 125	Rojo	M	Sequia	60.97	33.96
SER 84	Rojo	P	Sequia	58.87	45.82
SER 88	Rojo	P	Sequia	57.96	34.57
SER 137	Rojo	P	Sequia	57.17	33.89
SER 92	Rojo	P	Sequia	55.66	33.94
SER 69	Rojo	P	Sequia	55.48	33.76
SER 98	Rojo	M	Sequia	54.41	34.59
SER 70	Rojo	P	Sequia	53.81	29.33
SER 87	Rojo	P	Sequia	52.95	31.68
SEN 37	Negro	P	Sequia	52.41	35.22
SEN 36	Negro	P	Sequia	52.30	30.72
SER 48	Rojo	M	Sequia	51.94	38.78
SER 97	Rojo	M	Sequia	49.89	27.16
SER 26	Rojo	P	Sequia	49.85	28.04
SER 95	Rojo	M	Sequia	48.32	32.17
SER 118	Rojo	P	Sequia	45.53	27.20
SER 21	Rojo	P	Sequia	44.38	31.24
SXB	Negro	P	Sequia	44.06	26.56
SER 135	Rojo	M	Sequia	42.16	30.37
SER 12	Rojo	P	Sequia	42.04	33.68
SER 22	Rojo	P	Sequia	41.36	30.16

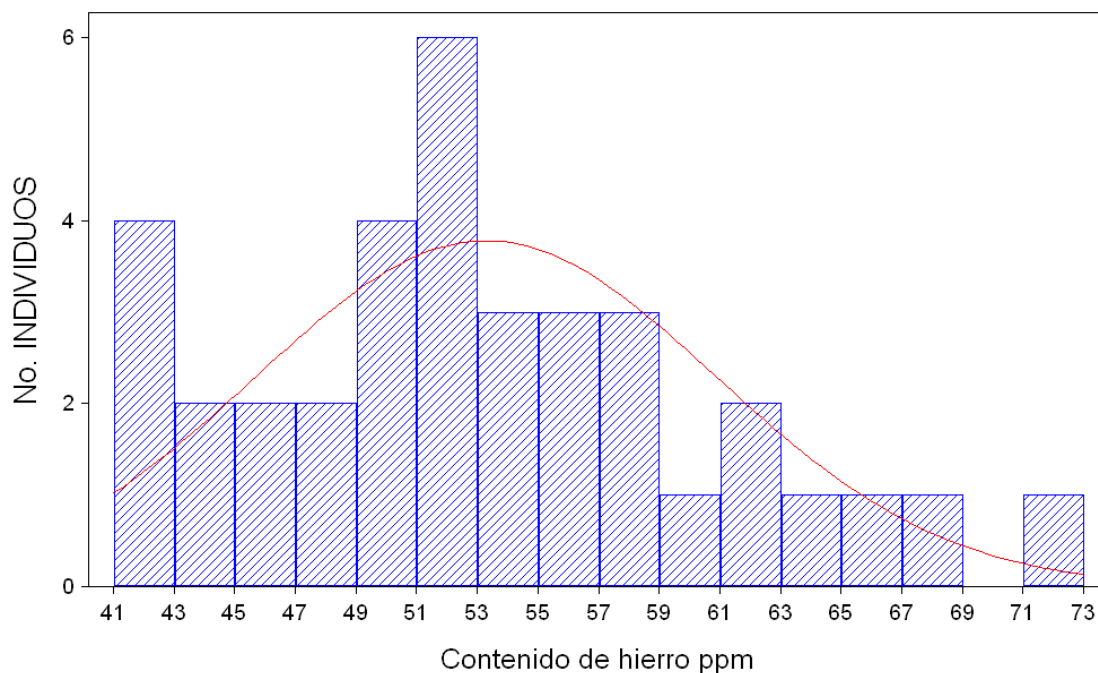


Tabla 2. Estadística descriptiva

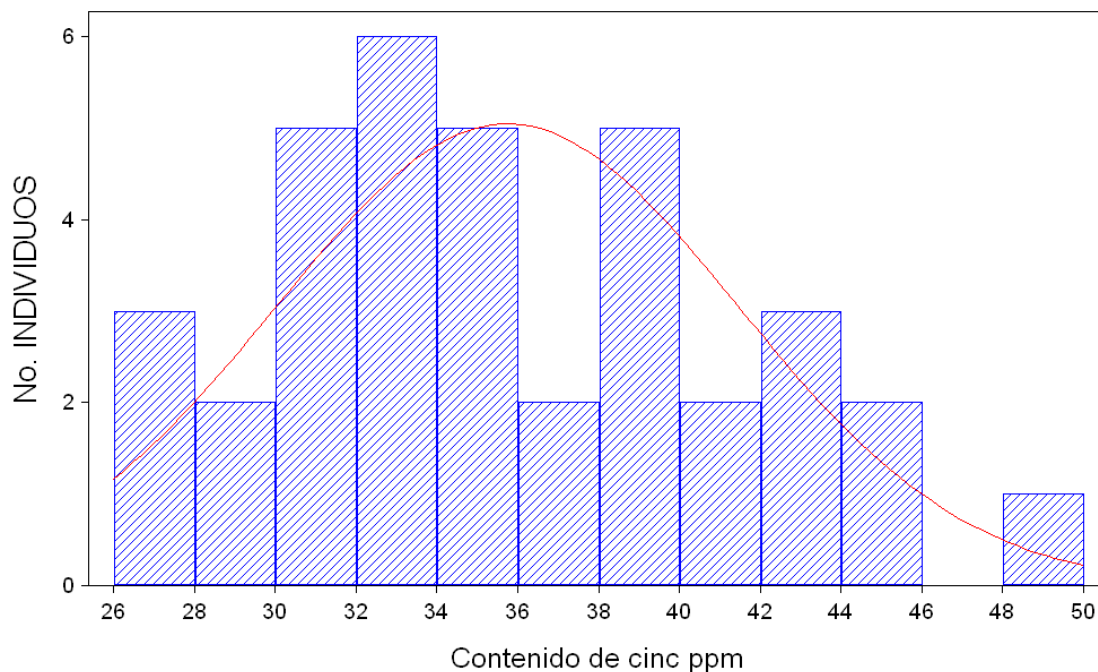
	HIERRO	ZINC
N	36	36
Sum	1918	1286
Mean	53.29	35.74
SD	7.60	5.69
Variance	57.76	32.43
SE Mean	1.27	0.95
CV	14.26	15.93
Minimum	41.36	26.56
Median	52.41	34.58
Maximum	71.78	49.02
MAD	4.43	3.93
Biased	56.16	31.53
Var		
Skew	0.47	0.40
Kurtosis	-0.22	-0.53



GERMOPLASMA VENEZUELA 2007



GERMOPLASMA VENEZUELA 2007





8. INFORMAR Y CAPACITAR A LOS AGRICULTORES, PADRES DE FAMILIA Y TÉCNICOS DE INSTITUCIONES LOCALES EN LAS VENTAJAS DE LAS NUEVAS VARIETADES DE MEJOR CONTENIDO NUTRICIONAL, CON EL FIN DE INCLUIRLAS EN SUS ESTRATEGIAS Y PROGRAMAS DE SEGURIDAD ALIMENTARIA.

8.1 Foro Internacional: “Leguminosas Comestible-Salud y Nutrición”

**Lugar: Maracay, estado Aragua. Venezuela
Febrero, 2007**

**Equipo coordinador: María Elena Morros. INIA-Lara
Delis Pérez. INIA-CENIAP
Alfredo Romero. INIA-CENIAP**

El día 2 de octubre del 2007, en el auditorium del INIA-CENIAP, Maracay; Venezuela, se realizó el Foro Internacional “**Leguminosas Comestible-Salud y Nutrición**”; el mismo contó con la participación de ponentes internacionales del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Doctores Matthew Blair y Darwin Ortiz, especialistas en mejoramiento genético de caraota y en nutrición, respectivamente; además de la participación de los investigadores del INIA María Elena Morros, Delis Pérez y Félix San Vicente; y de la profesora Marisela Granito de la USB. El comité Organizador del evento estuvo conformado por los investigadores María Elena Morros, Delis Pérez y Alfredo Romero.

Al evento asistieron 65 personas provenientes de instituciones reconocidas a nivel nacional como lo son: INIA, UCV-FAGRO, USB, LUZ–Agronomía, CIAT, IDECYT/UNESR, UCLA, FUNDACITE – Aragua, MPPCT y cooperativas formadas por agricultores de diversas áreas del país.

En este foro se discutieron temas de importancia referentes al uso de las leguminosas en la alimentación humana para superar las carencias de proteínas y micronutrientes en América Latina con énfasis en Venezuela; promoviendo el uso de proteínas de mayor calidad y de fácil adquisición para sectores de bajos recursos y de la población en general. De igual manera, se difundieron los resultados de diversos proyectos relacionados con el tema (Proyecto BID-FONACIT II, subproyecto 2004000410 Biotecnología-caraota y Proyecto FONTAGRO: Mejoramiento de la Nutrición Humana en comunidades pobres de América Latina utilizando Maíz (QPM) y Frijol común biofortificado con micronutrientes además de fortalecer alianzas estratégicas entre diversos actores ligados a la investigación-desarrollo de las leguminosas y entes tomadores de decisiones.



El Dr. Matthew Blair explicó el impacto del fitomejoramiento nutricional en la salud humana, el uso de cultivos biofortificados como la caraota y el maíz y el aporte de estos en cuanto a calidad de proteínas y minerales se refieren.

La Dra Marisela Granito, investigadora de la Universidad Simón Bolívar, habló de las características nutritivas de materiales mejorados de caraota, el papel de las leguminosas en la nutrición y salud humana y la elaboración de productos a base de harina de caraota.

Las conferencias no solo se basaron en leguminosas sino también en cultivos importantes como el maíz, del cual el Dr. Félix San Vicente (INIA/CENIAP), abordó el tema señalando las experiencias y resultados del mejoramiento genético para la obtención de cultivares de maíz con altos niveles de proteínas.

El tema de la biodisponibilidad, análisis y estudios, fue expuesto por el Dr. Darwin Ortiz del proyecto Agrosalud, del CIAT, donde indicó la importancia de conocer la biodisponibilidad de los elementos esenciales para verificar el verdadero aporte nutricional de estos cultivos biofortificados.

Para la clausura del evento, se realizó una degustación de diversos platos a base de leguminosas.

A continuación se anexa, programa del evento, lista de asistentes, noticias WEB referentes al evento.

Programa

Martes 2 de Octubre del 2007

Foro Internacional “Leguminosas Comestible-Salud y Nutrición”

Hora	Tema
9:00 am a 9:15 am	Palabras de bienvenida – Maria Elena Morros (INIA Lara).
9: 15 am a 10:00am	Avances del Proyecto FONTAGRO. Maíz- Frijol Biofortificados - Matthew Blair. Especialista en Mejoramiento Genético de la Caraota. CIAT. Colombia.
10:00 am a 10:15 am	Refrigerio
10:15 am a 10:45 am	Biodisponibilidad de hierro, zinc y proteína de cultivos Biofortificados - Ortiz Osorio Darwin. Especialista Nutrición. Colombia.
10:45 am a 11:30 am	El papel de las Leguminosas en la Nutrición y Salud Humana. Avances en la elaboración de nuevos productos - Marisela Granito. Especialista en Nutrición. Universidad Simón Bolívar. Venezuela



11:30 am a 12:00 am	Potencial de los Recursos Fitogenéticos de Leguminosas para la Seguridad Alimentaria - Delis Pérez. Especialista en Recursos Fitogenéticos. INIA
12:00 am a 1:00 pm	Maíces de alta calidad proteica en Venezuela - Félix San Vicente. Especialista en Mejoramiento Genético del Maíz. INIA.
1:00 pm a 2:00 pm	Degustación de platos a base de leguminosas. Clausura.

Participantes:

- Representante de la Gerencia de Investigación INIA
- Representante de la Gerencia de Negociación INIA
- Representante de la Plan Nacional de Semillas. Ing° Ramiro de la Cruz
- Representante de la Universidad del Zulia. Dr. Atilio Higuera. LUZ
- Representante de la Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado. Dr. Mario Torres. UCLA
- Representante de la Fundación DANAC
- Representante de la Corporación Venezolana Agraria
- Representante de la Cooperativa FERYÁN
- Representante del SASA
- Representante de la Universidad Simón Bolívar
- Representante de la Universidad de Yaracuy. Ciencia y Cultura de la Alimentación
- Representante de la Asociación Civil 8 de Marzo. Sanare
- Participantes del Proyecto Misión Ciencias Leguminosas
- Participantes del Proyecto BID FONACIT Caraota
- Dos talleres de planificación del equipo nacional para definir estrategias
- Reunión con la Lic. Anabel López de la Universidad de Yaracuy , licenciatura "Cultura de la Alimentación", a fin de favorecer alianzas estratégicas para la elaboración de alimentos a partir de cultivos biofortificados
- Reunión con las autoridades del INIA para plantear la posibilidad de que el maíz que se produjera con la semilla de QPM, sea utilizado en los programas sociales que el gobierno nacional ejecuta. Se planteó que la empresa de producción socialista de harina de maíz ubicada en Urachiche, estado Yaracuy, y otras que se están creando en el país multipliquen y utilicen el maíz fortificado.
- Conferencia sobre los Cultivos Biofortificados en el marco del curso internacional Seguridad e inocuidad Alimentaria y sus implicaciones como determinantes en Salud Pública. Instituto Nacional de Higiene Rafael Rangel. Caracas.
- Participación en la Feria Nacional de la Biotecnología con el tema sobre Biofortificación. Proyecto BID FONACIT II.
- Participación en el II Taller de Seguimiento técnico de proyectos FONTAGRO para la Región Andina. Quito.



8.2 Acciones relacionadas con el maíz QPM

Durante los años anteriores las acciones relacionadas con el proyecto con la evaluación de variedades de maíz QPM, se realizaron en el estado Yaracuy con resultados satisfactorios de comportamiento agronómico y de selección por parte de los grupos de productores participantes, durante el año 2007 dos variedades QPM, la INIA SQ1 y la SQ2 y un híbrido el INIA QPM2 fueron incluidos en el Plan Nacional de Semillas a fin de iniciar la producción de semilla certificada con grupos de productores colaboradores.

En la actualidad las acciones a seguir deben estar relacionadas con continuar la evaluación del contenido de nutricional de los cultivares, la elaboración de alimentos a base de estos cultivares QPM, los estudios clínicos para evaluar su efecto nutricional y la producción de cultivares QPM de grano amarillo para la alimentación animal. Para las acciones relacionadas con la producción de alimentos utilizando materiales biofortificados se identifica el CIEPE y la Universidad de Yaracuy como futuros socios.

**EVALUACIÓN DE GERMOPLASMA MEJORADO DE FREJOL ARBUSTIVO
(*Phaseolus vulgaris* L.) BIOFORTIFICADO CON HIERRO Y ZINC. SANTA CRUZ,
BOLIVIA. 2007.**

Juan Ortubé Flores *
Víctor Choque Colque **
José Padilla Ayala **
*Carolina Astudillo*****
Matthew W. Blair ****

RESUMEN

La investigación se llevó a cabo en los predios del Instituto de Investigaciones Agrícolas “El Vallecito” de la U.A.G.R.M., en donde se evaluaron 66 líneas codificadas con la sigla de NUAs, correspondiente al frejol común biofortificado con micro nutrientes de hierro y zinc, introducidos del CIAT, Colombia, en comparación con la variedad comercial utilizada por el agricultor denominado Rojo Oriental y el testigo elite CAL 96. El objetivo general del ensayo fue: Desarrollar y evaluar una estrategia para incrementar y conservar la agro biodiversidad de frejol como mecanismo para mejorar los sistemas de producción, la seguridad alimentaria y la nutrición en comunidades vulnerables del sector urbano y rural de las zonas deprimidas de Bolivia y como objetivo específico se planteo: Analizar y evaluar el germoplasma local e introducido de frejol por su desempeño agronómico y contenido nutricional con participación de los técnicos y agricultores. Se utilizó el diseño experimental de bloques completos al azar con 66 tratamientos, evaluándose las siguientes variables: Días a floración, altura de planta, número de granos/vaina; número de vainas/planta; peso de 100 semillas; rendimiento de grano (kg/ha), y los niveles de concentración de hierro y zinc. Los principales resultados de esta primera evaluación son los siguientes: Las plantas de las líneas mejoradas de frejol NUAs biofortificados con hierro y zinc, presentaron un crecimiento y desarrollo adecuado para las condiciones ambientales del área central del departamento de Santa Cruz, a pesar de que las condiciones de humedad no fueron las ideales; los niveles de productividad de las líneas NUAs fueron superiores. Así mismo, se detecto que hay líneas NUAs con mayores rendimientos que la variedad comercial Rojo Oriental. Las líneas codificadas como NUAs en promedio general presentaron las mayores concentraciones de hierro por encima de las 80ppm. Sin embargo, en las concentraciones de zinc tuvieron valores mayores a 36ppm en las líneas NUAs, respectivamente. Las concentraciones de hierro y zinc fueron superiores a las concentraciones que se obtuvo para la variedad comercial Rojo Oriental. Por último, se puede afirmar, que hay líneas sobresalientes por sus altas concentraciones de hierro y zinc, además por su mejor tamaño, color y peso de la semilla, parámetros que las distinguen de la variedad comercial Rojo Oriental.

Palabras claves: *Frejol común, biofortificados, evaluar, hierro y zinc*

* *Coordinador Nacional del PRONALAG. (I.I.A. “El Vallecito”). U.A.G.R.M. Santa Cruz, Bolivia.*

***Asistentes de Investigación del PRONALAG. (I.I.A. “El Vallecito”). U.A.G.R.M. Santa Cruz, Bolivia.*

**** *Asistente y Fitomejorador de Fríjol del CIAT, Colombia. Cali, Colombia.*

1. ANTECEDENTES

Más de mil millones de personas en el mundo viven en un estado de pobreza extrema y las deficiencias nutricionales continúan afectando la salud, el desarrollo corporal, la inteligencia y las capacidades productivas de la población de escasos recursos económicos de muchos países de Asia, África y América Latina. Entre las posibles soluciones a la deficiencia de proteína y de otros nutrientes se encuentran las alternativas basadas en el mejoramiento genético de algunos cultivos, la cual permite ser una estrategia a largo plazo de menor costo que el de suministrar suplementos vitamínicos y minerales o el de fortificar los alimentos mediante procedimientos industriales en posproducción.

En los últimos años los Centros Internacionales de Investigación Agrícola agrupados en el CGIAR, vienen obteniendo mediante diferentes métodos de mejoramiento genético, resultados exitosos en el aumento de proteínas, vitaminas y minerales en cultivos como maíz, trigo, arroz y fríjol. Se tiene avances sobresalientes por parte del Centro Internacional para la Investigación en Maíz y Trigo (CIMMYT), en la obtención de híbridos y variedades de maíz, (Quality Protein Maize - QPM), de mejor calidad de proteína. Por su parte en el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), se han identificado los mecanismos para aumentar el contenido de hierro y zinc en el grano de fríjol común, mejorar el contenido de los aminoácidos azufrados que sirven de promotores de absorción y reducir la actividad de los taninos como antinutriente.

Bolivia forma parte del proyecto de mejoramiento de la nutrición humana a través del uso de frijoles biofortificados con hierro y zinc, desarrollados por el CIAT, Colombia, y se lo esta tomando como de alta prioridad debido principalmente a que es uno de los países que tienen la tasa más alta de desnutrición en todos sus niveles, producto del padecimiento de la poca ingestión de proteínas y de micro nutrientes, provocando una serie de enfermedades que inducen a un deficiente nivel de escolaridad en los niños y jóvenes; en tanto, que en la población mayor también se encuentran estos problemas. Una de las principales enfermedades es la anemia que es causada por la mala alimentación a la cual están

acostumbrados lo pobladores bolivianos, motivo suficiente para presentar nuevas opciones que nos permitan mitigar las elevadas deficiencias nutricionales a partir del frejol biofortificado.

2. JUSTIFICACION

La desnutrición es un problema de mucha importancia para miles de personas en todo el mundo, especialmente en los países en vías de desarrollo, donde los sectores más pobres y los que viven en la miseria absoluta padecen hambre y malnutrición persistentes. Existe actualmente un consenso general que el hambre y la malnutrición se deben a un conjunto complejo de causas. Algunas de las más importantes se relacionan con la agricultura y la alimentación y otras con la educación y la conducta de las personas.

En la última década ante los problemas estructurales que presentan las economías de la mayoría de los países latinoamericanos, especialmente lo relacionado con la pérdida del ingreso y el desempleo de amplias capas de la población urbana y rural, se viene presentando un incremento de las cifras de desnutrición, especialmente en los sectores de menores ingresos, los cuales no pueden acceder a una dieta balanceada que les permita satisfacer sus requerimientos de proteína, vitaminas y minerales, ocasionando graves trastornos especialmente en niños menores de seis años; en contraste, la ingesta de alimentos ricos en energía (carbohidratos, azúcares y grasas de origen vegetal y animal) viene en aumento, ocasionando el incremento de algunas enfermedades crónicas (Kelly, A 1992 y De Onis, M. 2000).

Durante los últimos años, el perfeccionamiento de los estudios epidemiológicos, los adelantos en la bioquímica, la combinación de métodos más sensibles y más accesibles para la medición del contenido de los micronutrientes, ha permitido tomar mayor conciencia de la importancia de los mismos. Se ha comprobado la gran importancia de micronutrientes tales como, la vitamina A, hierro, yodo, zinc, cobre y selenio, en una amplia variedad de funciones vitales. Las mujeres y los niños en edad preescolar son particularmente propensos a la deficiencia de hierro. En los niños, la anemia está asociada con el retraso del desarrollo físico y cognoscitivo, También provoca una disminución de la resistencia a las infecciones.

Bolivia se ha convertido en un país productor y exportador de frejol, solo el 15 por ciento de la producción alcanzada de cerca de 30.000 hectáreas se quedan para el consumo interno y el resto se lo está vendiendo a países que tienen una alta tradición de consumo, de ahí viene la irracionalidad de vender algo que se necesita. Los resultados alcanzados hasta el presente sobre la promoción al consumo de frejol en el oriente boliviano, reflejan que nos es difícil romper el mal llamado hábito de consumo, llegando a faltar la información teórica y práctica sobre el uso del frejol.

Los resultados del proyecto beneficiarán esencialmente a los consumidores, tanto en las zonas rurales como urbanas y especialmente a las mujeres y a los niños que son los grupos que normalmente padecen de deficiencias nutricionales. La información obtenida será de mucha utilidad para los investigadores y planificadores de políticas agroalimentarias de los países ejecutores y para otras regiones de Asia, África y América Latina que tienen problemas crónicos de nutrición en algunas comunidades. Por último, este trabajo forma parte del proyecto de *“Mejoramiento de la producción humana en comunidades pobres de América Latina utilizando maíz (QPM) y frejol común biofortificado con micronutrientes”* y tiene una duración de tres años (2005 al 2007) y se lo está llevando a cabo en el sur occidente de Colombia que comprende los departamentos de Cauca, Valle del Cauca y Nariño; en Santa Cruz de la Sierra y Cochabamba en Bolivia y en el estado de Lara en Venezuela.

3. OBJETIVOS DEL PROYECTO

3.1. Objetivo general

- Desarrollar y evaluar una estrategia para incrementar y conservar la agro biodiversidad de frejol como mecanismo para mejorar los sistemas de producción, la seguridad alimentaria y la nutrición en comunidades vulnerables del sector urbano y rural de las zonas deprimidas de Bolivia.

3.1. Objetivos específicos

- Evaluar el germoplasma local e introducido de frejol por su desempeño agronómico y con participación de los técnicos y agricultores.
- Análisis del germoplasma local e introducido de frejol por su contenido nutricional en laboratorios del CIAT, Colombia.

- Obtener nuevas variedades de frejol arbustivo con mejor contenido de hierro y zinc para diferentes zonas agro climáticas de Bolivia.
- Informar y capacitar a los agricultores, padres de familia y técnicos de instituciones locales en las ventajas de las nuevas variedades de mejor contenido nutricional, con el fin de incluirlas en sus estrategias y programas de seguridad alimentaria.

4. REVISION DE BIBLIOGRAFIA

De acuerdo a estudios científicos, el frejol, además de ser excelente fuente de proteínas, resulta ser una potente medida de prevención para las enfermedades crónicas. En Bolivia las enfermedades crónicas o conocidas como No trasmisibles, asociadas con una alimentación saturada en grasas y azúcar y una vida sedentaria, producen el 50% de las causas de mortandad, siendo por tanto, mayores que otras muertes originadas por otras causas, incluidas las causadas por accidentes y violencia. Entre estas enfermedades están las cardiovasculares, el cáncer y la diabetes. Frente a estos males, el frejol se asoma como un producto decisivo para combatirlos, teniendo en cuenta varios estudios científicos.

La deficiencia de hierro es la principal causa de anemia cuya gran prevalencia indica que esta es la más ampliamente distribuida en el mundo. El estimativo de anemia global es alrededor del 30% (2000 millones de personas). Es mayor en países del sur de Asia y África (44 a 56%), y en Asia oriental y Latinoamérica (20 a 26%), que en países industrializados (8-12%). El déficit de hierro puede ser mayor que la anemia ya que pueden coincidir niveles adecuados de hemoglobina con cantidad muy baja en ferritina. La deficiencia ocurre principalmente en mujeres en edad fértil y niños. Aunque el frejol es una generosa fuente de proteínas, también aporta cantidades significativas de hierro, zinc, calcio y cobre.

Según el Ministerio de Salud de Bolivia (2007), la desnutrición afecta al 23% de los niños; es decir, que en Bolivia ocho de cada 10 niños, en edades comprendidas entre los 6 a 23 meses, padecen de anemia, considerada como el problema de deficiencia nutricional con más prevalencia en el país, esto de acuerdo a los datos arrojados por la Encuesta Nacional de Nutrición. Las anemias en niños menores de dos años son del 80%, eso quiere decir que el problema no sólo esta en el campo, sino también en las ciudades. En la región del Altiplano, la

anemia se registra en un 89%, sobre un 77% en los llanos, mientras que Tarija es la región que tiene la menor prevalencia con el 67%. La anemia más severa se registra en el Altiplano, con un 5%. El informe del Ministerio de Salud, también destaca que la magnitud de la desnutrición crónica es más del doble en los municipios altamente vulnerables, ubicados en la región andina (29.6%) y en los valles (26%), comparados con la prevalencia en la región oriental (12.3%).

En este sentido, el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), está embarcado en un esfuerzo de crear nuevas variedades de frejol con mayores niveles de hierro y zinc y en Bolivia es el I.I.A. “El Vallecito” de la U.A.G.R.M. que está evaluando estas nuevas variedades, inicialmente en su propio centro de experimentación y luego en campos de agricultores de los valles interandinos y la llanura oriental. Actualmente se tienen definidas 4 líneas promisorias que deben entrar en el proceso de la multiplicación de la semilla genética (Ortubé, 2004).

En relación a Bolivia, se reportan mayores niveles de desnutrición que en Colombia y Venezuela, especialmente en la zona rural y son severas las deficiencias de Vitamina A y Hierro, llegando a encontrarse porcentajes de anemia hasta del 65% en niños menores de cinco años en las regiones más deprimidas (FAO, Perfiles Nutricionales, 2001). El Ministerio de Salud Pública de Bolivia (2007) en su informe sobre los resultados de la Encuesta Nacional de Nutrición, indica que un 80% de los niños padecen de anemia. La anemia está más acentuada en el área rural que el urbano.

La deficiencia de zinc especialmente en poblaciones que no tienen una dieta adecuada, contribuye de manera importante a reducir el crecimiento, la resistencia a las enfermedades infecciosas y al aumento de la incidencia de la mortalidad y posiblemente a una alteración del desarrollo cognoscitivo, sin embargo son muy escasos los estudios y encuestas que reportan este problema, en los países en desarrollo (FAO/IAEA/WHO, 1996).

Existen tres formas de combatir la desnutrición por micro nutrientes: los enfoques basados en la suplementación con productos farmacéuticos, la fortificación de productos agrícolas transformados y la biofortificación. Los adelantos de los programas de suplementación han

sido significativos en la lucha contra la deficiencia de micronutrientes y estos programas pueden ser efectivos en términos de costos, a corto plazo. Pero en muchas partes del mundo en desarrollo, el acceso limitado de la población más pobre a servicios adecuados de salud, obstaculiza severamente esta estrategia (Blair, 2003).

La fortificación de alimentos requiere de infraestructura industrial y de mercados bien establecidos para el procesamiento y la entrega de alimentos que no están disponibles en muchos países en desarrollo. En los sitios donde están disponibles los alimentos fortificados, estos generalmente están fuera del alcance de la población de más bajos recursos. Los enfoques de suplementación y de fortificación son limitados en el sentido de que a veces no cumplen con las necesidades de las poblaciones marginadas y demandan esfuerzos y gastos constantes para poderlos sostener; y por lo general, tratan los síntomas de la desnutrición por micro nutrientes pero no abordan las causas del problema (Blair, 2003).

El mismo autor, sostiene que el enfoque de biofortificación de cultivos, parte de la base de tener unos costos fijos, una sola vez para desarrollar metodologías de mejoramiento, incorporar rasgos de calidad nutricional en variedades cultivadas comercialmente y adaptar esas variedades a diferentes ambientes. Esto hace que este enfoque sea atractivo en términos económicos en comparación con los programas de suple y fortificación, puesto que no se requieren grandes inversiones a intervalos regulares durante el tiempo que dure el programa y los costos no aumentan con el número de personas beneficiadas.

La biofortificación para aumentar la densidad de micronutrientes en cultivos de fríjol y maíz constituye un primer paso para el desarrollo de un programa con base en un sistema alimenticio que busca reducir los problemas de anemia y las deficiencias de micronutrientes como el hierro y el zinc, en forma preventiva pero no curativa.

Algunos Centros de Investigación en los años 70, trabajaron en la identificación de genes que confieren mejor calidad de proteína y mayor contenido de minerales en diferentes cultivos. Se identificaron genes del maíz (opaco 2 y harinoso 2) con mejor calidad de la proteína por su alto contenido en lisina y triptófano. Las variedades de maíz de alta calidad se utilizaron como

única fuente de proteína en dietas experimentales. El gen del maíz se asociaba con un endospermo blando harinoso y su productividad era alrededor de un 10% menor que la de otras variedades. El Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) y otras instituciones de investigación continuaron los cruces y pudieron mejorar la producción y los problemas agronómicos. Se tienen hoy variedades de este maíz con endospermo duro y producción superior a las variedades normales (CIMMYT, 2000).

En la zona Andina se presenta una biodiversidad importante de variedades de fríjol y por muchos años los programas nacionales de investigación han trabajado en producir numerosas variedades de fríjol, las cuales al ser evaluadas a nivel de laboratorio por CIAT, en cuanto al contenido de minerales, algunas de ellas resultaron entre las más altas del mundo. Esta situación es importante tenerla en cuenta para realizar el cruzamiento con variedades locales en cada zona agro climática y de esta forma obtener por mejoramiento convencional, materiales de alto contenido nutricional (Graham et al, 1999).

Recientemente Centros Internacionales de Agricultura han iniciado la evaluación de grandes colecciones de productos vegetales para proteína y contenido mineral. El Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) ha estudiado más de 2000 variedades de fríjol para minerales, especialmente Fe y Zn y aminoácidos sulfurados los mismos, que ya están en evaluaciones avanzadas (Beebe, S. 1998).

Se encontró que el contenido de hierro varió de 34ppm a 89ppm, con un promedio de 55ppm. Evaluaciones posteriores se identificaron variedades que promediaron hasta 100ppm en diferentes sitios y épocas de cultivo. Este valor es dos veces mayor que las variedades corrientes de fríjol y cinco veces mayor que el contenido de hierro de la mayoría de los cereales (Beebe, S. 1998). En estos análisis las concentraciones de zinc variaron de 21 a 54ppm y eran asociadas con hierro y calcio alto, mientras que el contenido de aminoácidos sulfurados no varió.

El contenido de zinc encontrado es uno de los más altos entre las fuentes vegetales de este mineral y es casi igual al de los productos lácteos pero inferior al de la carne animal. Estos datos iniciales indicaron que existe suficiente variabilidad genética para mejorar el contenido

de hierro en cerca del 80% y el contenido de zinc en cerca del 50% en relación con los valores promedio.

Estudios preliminares parecen indicar que la biodisponibilidad está asociada con el contenido de hierro, sugiriendo que no hay un aumento simultáneo de sustancias que interfieran con la absorción y que proveer una mayor densidad de hierro en las variedades de fríjol es una estrategia efectiva (Welch et al. 2000 y Graham et al 1999).

Los esfuerzos por parte de los mejoradores del CIAT se orientan a cruzar materiales de alto contenido de hierro y zinc con las variedades comerciales locales adaptadas a cada región y al mismo tiempo aumentar el contenido de aminoácidos azufrados que sirvan de promotores de absorción y reducir la actividad de taninos y otras sustancias que dificulten su asimilación (Blair, 2003).

5. MATERIALES Y METODOS

4.1. Ubicación de los ensayos

El trabajo de investigación fue realizado en los predios del I.I.A. “EL Vallecito”, dependiente de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma “Gabriel Rene Moreno”, ubicado a 7,5km de la carretera al norte de la ciudad de Santa Cruz. Su situación geográfica es de 17° 41' 11" de latitud Sur y 63° 08' 52" de longitud oeste, a una altura aproximada de 398msnm, con una precipitación promedio de 1162mm y una temperatura promedio de 24,6°C, la humedad relativa del ambiente es de 70%. El estudio fue realizado en la campana agrícola de invierno en el 2007.

4.2. Características del suelo

Según el análisis del suelo reportado por el laboratorio del CIAT, Santa Cruz, corresponde a un suelo franco, con un nivel moderado de materia orgánica, pH de carácter ácido, el nivel de nitrógeno es bajo en tanto que el fósforo y potasio se encuentran en un nivel moderado. El calcio y magnesio se encuentra en niveles altos y el sodio está en un nivel moderado. Los elementos de Fe y Zn, el primero está en niveles altos y el segundo en nivel moderado, pero que se encuentran dentro de los niveles críticos exigidos por el cultivo.

4.3. Material genético

El material vegetal corresponde a una introducción de líneas mejoradas de fréjol arbustivo con alto contenido de hierro y zinc, desarrolladas por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Colombia, y que fueron enviadas a Bolivia a través de FONTAGRO que esta patrocinando el Proyecto de *“Mejoramiento de la nutrición humana en comunidades pobres de América Latina utilizando maíz y fríjol común biofortificado con micro nutrientes”*. Se probaron 66 líneas codificadas como NUA (Nutrición Andino) que corresponden a materiales de la clase comercial Calima (Rojo moteado y de tamaño grande), sembradas con un comparador como testigo local que es la variedad comercial denominada Rojo Oriental y un testigo elite CAL 96. Así mismo, se evaluó 58 líneas del vivero codificado como BIF, mas dos testigos locales (Rojo Oriental y POA 13), además del vivero de altos minerales (VAN) con 47 líneas, el vivero de 8 líneas de fréjol blanco con altas concentraciones de hierro y zinc, y por ultimo el vivero de 8 líneas de fréjol biofortificado de color negro.

4.4. Diseño experimental

Se utilizó el diseño de bloques completos al azar para cada uno de los ensayos, utilizando las variedades Rojo oriental, POA 13 y Cal 96, como testigos comerciales. Se establecieron con tres reiteraciones, teniendo surcos de 4m de largo con distancia de 50cm entre surco, cada surco corresponde a una unidad experimental con 8m².

4.5. Labores culturales

Las labores de preparación de suelos, siembra, control de malezas, insectos, riego y otros se realizaron conforme fue desarrollándose el cultivo, no se realizó el control de enfermedades por ser una de las variables de estudio. Se hicieron aplicaciones de insecticidas cuando la población de insectos estuvo por encima del umbral de acción.

4.6. Registro de datos

Durante el ciclo del cultivo fueron tomados todos los datos agronómicos siguiendo todas recomendaciones del PRONALAG y el Programa de Fríjol del CIAT de Colombia, como también los datos climáticos registrados durante el desarrollo del cultivo. Se evaluaron las variables: Altura de planta; número de vainas/planta; número de granos/vaina; peso de 100 semillas; rendimiento de grano; contenido de hierro y zinc. También se hicieron comparaciones de los análisis de suelos.

4.7. Análisis del contenido de minerales

Para el análisis del contenido de Fe y Zn antes de la cosecha se tomaron 15 vainas al azar de cada unidad experimental y se trillaron cuidadosamente en forma manual, impidiendo tener contacto con materiales ferrosos o contacto con el suelo para evitar la contaminación. Posteriormente las semillas de cada material fueron trituradas y envasados en sobres de papel y enviados al laboratorio del CIAT, Colombia para su análisis de minerales bajo la metodología de absorción atómica.

4.8. Análisis estadístico

Las variables agronómicas como: altura de planta; número de granos/vaina; número de vainas/planta; peso de 100 semillas y rendimiento de grano, fueron sometidas al análisis de varianza de acuerdo al diseño utilizado y la comparación de medias en los casos donde hubo diferencias significativas se utilizó el comparador de Tukey al 5% de probabilidad. Para el caso de los minerales solo se realizó la estadística descriptiva, comparando con los datos obtenidos en otros países.

5. RESULTADOS Y DISCUSION

5.1. Precipitación

En la Figura 1, se presentan los datos de las lluvias registradas durante el ciclo biológico del cultivo, notándose que las precipitaciones más altas fueron en los meses de abril y mayo con 144 y 139mm, en tanto, que en junio no se registraron lluvias y posteriormente en los meses de julio y agosto se obtuvieron 32.5 y 10mm. Debido a que las precipitaciones estaban por debajo de lo requerido por el cultivo, se hicieron aplicaciones de riego suplementario en el orden de 80mm en los meses de junio julio y agosto. De manera general, se puede afirmar que con el riego adicional se logró alcanzar los requerimientos hídricos del cultivo, lo cual permitió que las plantas lleguen a manifestar su buen potencial de crecimiento y desarrollo, además de los buenos rendimientos

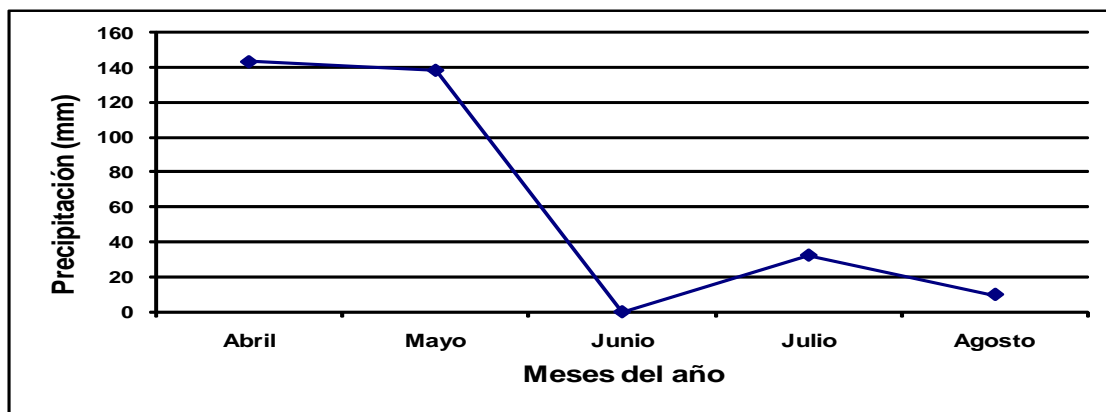


Figura 1. Precipitaciones registradas durante el ciclo biológico del frejol.

5.2. Temperatura

En la Figura 2, se muestran las temperaturas máximas, mínimas y medias ocurridas durante el ensayo, observándose que las mismas están dentro del rango requerido por el cultivo y por tanto, fueron favorables para el desarrollo y crecimiento del cultivo.

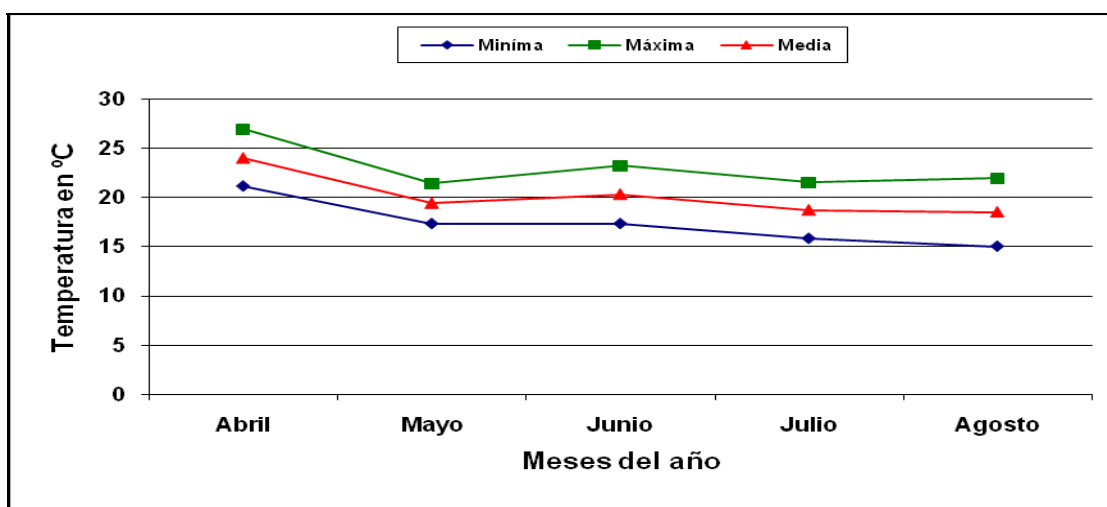


Figura 2. Temperaturas registradas durante el ciclo biológico del frejol.

5.3. Resultados de las líneas NUAs

5.3.1. Días a floración

El análisis de varianza para esta variable fue altamente significativo entre líneas, presentado un promedio general de 45 días desde la siembra hasta la floración. El primer rango de significancia corresponde a las líneas más tardías y se encuentran en el rango comprendido entre la línea NUA 19 hasta NUA 97, con promedios de 48 y 45 días respectivamente. En tanto, que el último rango de significación es para las líneas precoces, y están comprendidas desde NUA 21 hasta NUA 77 con 44 y 43 días a la floración las variedades comerciales Rojo Oriental y la línea elite alcanzaron promedios de 46 y 43 días a la floración (Cuadro 1 y 9).

Los resultados encontrados en el invierno/07 son similares a los encontrados en las anteriores campañas, llegándose a la conclusión de que las líneas del vivero NUAs son de maduración intermedia.

5.3.2. Días a madures de cosecha

El análisis de varianza para los días a cosecha reporto diferencias altamente significativas. La prueba de Tukey al 5% de probabilidad (Cuadro 2 y 9), presento 5 rangos de diferenciación estadística, sobresaliendo en el primer rango las líneas más tardías las mismas que se encuentran en el rango desde la línea NUA 78 hasta NUA 59 con 100 y 95 días desde la siembra hasta la cosecha. En tanto, que en el último rango están las líneas precoces y corresponden al rango conformado por las líneas NUA 32 hasta NUA 20, con valores de 96 y 91 días, respectivamente. El promedio general fue de 95 días. Por los datos encontrados en tres campañas continuas de invierno, se puede concluir que dentro del grupo de las líneas se tienen materiales de maduración intermedia y precoz.

5.3.3. Altura de planta

El análisis de varianza para altura de planta fue altamente significativo para las líneas. La prueba de Tukey (5%) (Cuadro 3 y 9), reporto nueve rangos de significación estadística, sobresaliendo en el primer rango la línea NUA 67 con un promedio de 83cm, esto debido a que esta línea presenta una arquitectura de planta muy desordenada con guías largas y ramificaciones desuniformes. El promedio general de 44cm y con un extremo superior de 83 cm y un extremo inferior de 37cm de altura de planta.

5.3.4. Número de granos/vaina

El análisis de varianza reporto diferencias altamente significativas entre tratamientos. La prueba de Tukey (5%) (Cuadro 4 y 9), presento cuatro rangos de significación estadística, correspondiendo el primer rango a todas las líneas que tuvieron la mayor cantidad de granos, las cuales están dentro del rango de la línea NUA 16 hasta NUA 94 con valores de 5 y 4 granos/vaina. El promedio general fue de 3 granos/vaina. Es necesario señalar que las líneas presentan un bajo número de granos/vaina, debido a que tienen granos de tamaño grande lo que caracteriza a los fréjoles del tipo andino.

5.3.5. Numero de vainas/planta

El análisis de varianza para esta variable fue altamente significativo y la prueba de Tukey (5%) (Cuadro 5 y 9), reporto seis rangos de significación estadística. En el primer rango se

encuentran las líneas con el mayor número de vainas/planta y están comprendidas en el rango conformado desde la línea NUA 67 hasta NUA 96 con valores de 14 y 10 vainas/planta, respectivamente. El testigo elite CAL 96, fue la que presentó el menor valor con solo 6 vainas/planta. El promedio general fue de 9 vainas/planta.

5.3.6. Peso de 100 semillas (g)

El análisis estadístico para esta variable reportó diferencias altamente significativas entre los tratamientos. La prueba de Tukey (5%) (Cuadro 6 y 9), presentó 12 rangos de diferenciación estadística y el primer corresponde a las líneas NUA 19; NUA 20; NUA 22 y NUA 24 con promedios de 68; 57; 56 y 56g/peso 100 semillas, siendo las líneas que tuvieron los mayores pesos debido a que el tamaño de la semilla es grande. La variedad comercial Rojo Oriental presentó un promedio de 45g y la línea testigo elite CAL 96 con 48g, respectivamente. Los valores encontrados para esta variable demuestran que hay líneas NUAs mejores en cuanto se refiere a la calidad, color, tamaño y peso del grano en relación a la variedad comercial Rojo Oriental, lo cual se considera una ventaja para la comercialización.

5.3.7. Rendimiento

El análisis de variable para la variable rendimiento en kg/ha, presentó diferencias altamente significativas entre las líneas. La prueba de Tukey al 5% de probabilidad (Cuadro 7 y 9), presentó seis rangos de significación estadística, correspondiendo el primer rango a las líneas que reportaron los mayores rendimientos de grano seco, y están comprendidas desde la línea NUA 93 hasta la línea NUA 14 con promedios de 2372 y 964 kg/ha, respectivamente. La variedad comercial Rojo Oriental tuvo un rendimiento de 1898 kg/ha y la variedad elite CAL 96 alcanzó un valor de 1248 kg/ha. El promedio general fue de 1634 kg/ha. Estos resultados demuestran que hay un conjunto de líneas que son superiores a la variedad comercial en el rendimiento y también lo son en cuanto se refiere al tamaño, color y peso de la semilla, lo que se traduce en la posibilidad de afirmar que hay líneas mejores que el testigo comercial.

En el Cuadro 8, se presentan los rendimientos obtenidos durante las cuatro campañas de invierno del 2005; 2006 y 2007 y verano 2006, en donde se pueden observar que un conjunto de líneas de frejol biofortificado tienen buenos niveles de productividad que superan a la variedad comercial Rojo Oriental. Además, que estas líneas han logrado demostrar buenos

niveles de adaptación a los ambientes calidos de la llanura oriental, lo que se traduce en que pueden fácilmente sembrarse en extensiones grandes para su producción de grano seco.

También se puede observar que los niveles de rendimientos son totalmente diferentes en cada campaña de invierno, siendo mejores en el invierno/06, debido principalmente a las buenas condiciones del clima durante el cultivo.

5.3.8. Comparación de las concentraciones de Hierro y Zinc

En el Cuadro 10, se presentan los resultados de las concentraciones de hierro y zinc de los cuatro ensayos sembrados, tres en los predios del I.I.A. “El Vallecito” y uno en la localidad de San Juan del Potrero. El primer ensayo fue sembrado en la época de invierno y los resultados obtenidos indican que el valor máximo de hierro fue para la línea NUA 26 con 109.43ppm y el valor mínimo correspondió a la línea NUA 86 con solo 59.34ppm. Para el caso del zinc, el nivel mas alto fue lo tuvo la línea NUA 27 con 43.80ppm, y el valor mínimo para NUA 39 con 25.34ppm. La variedad comercial Rojo Oriental tuvo valores de 64.35 y 31.69ppm de hierro y zinc, respectivamente. En el ensayo sembrado en el invierno/07, los rangos encontrados para los niveles de Hierro oscilan entre los 101.43 para la línea NUA 22 y 55.25ppm para NUA 42. Para el Zinc los niveles máximos y mínimos fueron de 48.35ppm para la línea NUA 67 y 27.92ppm para NUA 48. El promedio general de las concentraciones de Hierro en los cuatro ensayos, muestran que la línea NUA 27 con 101.52ppm es el más alto y la línea NUA 86 con el promedio de 66.82ppm es el más bajo. Para los niveles de Zinc, la línea NUA 27 presentó el valor más alto con 42.60ppm, en tanto, la línea NUA 43 con 30.90ppm, tuvo el nivel más bajo. La variedad Rojo Oriental presento valores de 76.09ppm de Hierro y 33.10ppm para el Zinc. Los resultados encontrados sobre las cantidades de hierro y zinc, permiten definir que hay un conjunto de líneas de frejol biofortificado, que superan ampliamente a la variedad comercial que se esta produciendo y consumiendo en Bolivia. Los resultados también muestran que son 30 líneas NUAs que tienen concentraciones de hierro por encima de las 80ppm, que es lo esperado en el proyecto.

Observando los resultados de los cuatro ensayos sembrados en dos ambientes diferentes respecto al suelo y clima, se puede concluir que los niveles de concentración del hierro,

resultan ser más altos en la siembra realizada en la localidad de San Juan del Potrero, mientras que las concentraciones del zinc fueron más altas en las siembras de invierno.

5.3.9. Interpretación de los análisis físico-químicos de suelos

Los suelos donde se establecieron los ensayos corresponden a suelos de mediana fertilidad y con amplias variaciones en los niveles de los macro y micronutrientes. El pH se encuentra dentro de los límites que exige el frejol, en tanto que la materia orgánica está bajo en tres suelos y moderado en uno y el nitrógeno está en niveles bajos en todos los suelos. El fósforo es muy bajo en un suelo de El Vallecito y moderado y alto en los demás. El potasio tiene concentraciones bajas y moderadas. El elemento hierro es alto en los suelos del I.I.A. “El Vallecito” y bajo en los suelos de San Juan del Potrero, en tanto, que el zinc es alto en San Juan del Potrero y moderado en los suelos de El Vallecito.

Analizando las concentraciones de hierro y zinc en los suelos y su relación con la concentración de estos mismos elementos en el grano seco de frejol, se determinó que en los suelos donde la concentración de hierro son altas la concentración de este elemento disminuye, lo mismo pasa con el zinc pero de manera inversa, es decir que en los suelos donde la concentración es alta u moderada los niveles de zinc en el grano disminuyen. Estos resultados nos inducen a afirmar que hay una interacción genética con la presencia de estos elementos en el suelo (Cuadro 11).

Cuadro 1. Promedios para la variable días a floración de los fréjoles NUAs biofortificados.

Líneas	Promedio	Tukey (5%)	Líneas	Promedio	Tukey (5%)
NUA 19	48	A	NUA 97	45	ABCDEF
NUA 16	47	AB	NUA 9	45	BCDEF
NUA 23	47	AB	NUA 10	45	BCDEF
NUA 67	47	AB	NUA 20	45	BCDEF
NUA 80	47	AB	NUA 30	45	BCDEF
NUA 91	47	AB	NUA 38	45	BCDEF
NUA 14	47	ABC	NUA 48	45	BCDEF
NUA 29	47	ABC	NUA 50	45	BCDEF
NUA 46	47	ABC	NUA 83	45	BCDEF
NUA 56	47	ABC	NUA 87	45	BCDEF
NUA 59	47	ABC	NUA 90	45	BCDEF
NUA 93	47	ABC	NUA 96	45	BCDEF
NUA 24	46	ABCD	NUA 100	45	BCDEF
NUA 25	46	ABCD	NUA 21	44	CDEFG
NUA 45	46	ABCD	NUA 28	44	CDEFG
NUA 49	46	ABCD	NUA 82	44	CDEFG
NUA 62	46	ABCD	NUA 86	44	CDEFG
NUA 68	46	ABCD	NUA 88	44	CDEFG
NUA 75	46	ABCD	NUA 89	44	CDEFG
NUA 81	46	ABCD	NUA 98	44	CDEFG
ROJO ORIENTAL (TL)	46	ABCD	NUA 8	44	DEFG
NUA 94	46	ABCD	NUA 11	44	DEFG
NUA 95	46	ABCD	NUA 47	44	DEFG
NUA 42	46	ABCDE	NUA 66	44	DEFG
NUA 43	46	ABCDE	NUA 78	44	DEFG
NUA 63	46	ABCDE	NUA 13	43	EFG
NUA 92	46	ABCDE	NUA 22	43	EFG
NUA 99	46	ABCDE	NUA 41	43	EFG
NUA 32	45	ABCDEF	NUA 77	43	EFG
NUA 64	45	ABCDEF	CAL 96 (TL)	43	EFG
NUA 65	45	ABCDEF	NUA 12	43	FG

NUA 84	45	ABCDEF	NUA 44	43	FG
NUA 85	45	ABCDEF	NUA 35	42	G
			PROMEDIO:	45	

Cuadro 2. Promedios para la variable días a la cosecha de los fréjoles NUAs biofortificados.

Líneas	Promedio	Tukey (5%)	Líneas	Promedio	Tukey (5%)
NUA 78	100	A	NUA 90	96	ABCDE
NUA 80	100	A	NUA 28	95	ABCDE
NUA 67	99	AB	NUA 46	95	ABCDE
NUA 91	99	AB	NUA 56	95	ABCDE
NUA 98	99	AB	NUA 68	95	ABCDE
NUA 100	99	AB	NUA 25	95	ABCDE
NUA 92	98	ABC	NUA 48	95	ABCDE
NUA 97	98	ABC	NUA 59	95	ABCDE
NUA 99	98	ABC	NUA 22	94	BCDE
NUA 49	98	ABC	NUA 82	94	BCDE
NUA 87	98	ABC	NUA 88	94	BCDE
NUA 96	98	ABC	NUA 9	94	BCDE
NUA 64	97	ABCD	NUA 11	94	BCDE
NUA 66	97	ABCD	NUA 16	94	BCDE
NUA 75	97	ABCD	NUA 21	94	BCDE
NUA 77	97	ABCD	NUA 44	94	BCDE
NUA 93	97	ABCD	NUA 50	94	BCDE
NUA 94	97	ABCD	ROJO ORIENTAL (TL)	94	BCDE
NUA 95	97	ABCD	NUA 8	93	CDE
NUA 29	97	ABCD	NUA 35	93	CDE
NUA 30	97	ABCD	NUA 43	93	CDE
NUA 47	97	ABCD	NUA 14	93	CDE
NUA 62	97	ABCD	NUA 24	93	CDE
NUA 63	97	ABCD	NUA 13	92	DE
NUA 65	97	ABCD	NUA 38	92	DE
NUA 81	97	ABCD	NUA 42	92	DE
NUA 83	97	ABCD	NUA 45	92	DE
NUA 84	97	ABCD	NUA 10	92	DE
NUA 85	97	ABCD	NUA 12	92	DE
NUA 86	97	ABCD	NUA 19	92	DE

NUA 32	96	ABCDE	NUA 23	92	DE
NUA 41	96	ABCDE	CAL 96 (TL)	92	DE
NUA 89	96	ABCDE	NUA 20	91	E
			PROMEDIO:	95	

Cuadro 3. Promedios para la variable altura de planta de los fréjoles NUAs biofortificados.

Líneas	Promedio	Tukey (5%)	Líneas	Promedio	Tukey (5%)
NUA 67	83	A	NUA 85	42	EFGHI
NUA 80	71	B	NUA 87	42	EFGHI
NUA 16	55	C	NUA 50	42	EFGHI
NUA 14	54	CD	NUA 75	42	EFGHI
NUA 29	51	CDE	NUA 92	42	EFGHI
NUA 35	50	CDEF	NUA 94	42	EFGHI
NUA 30	49	CDEFG	NUA 42	42	EFGHI
NUA 46	48	CDEFG	NUA 90	42	EFGHI
NUA 24	48	CDEFG	NUA 78	41	EFGHI
NUA 25	48	CDEFG	NUA 83	41	EFGHI
NUA 59	48	CDEFG	NUA 9	41	EFGHI
NUA 23	48	CDEFGH	NUA 44	41	EFGHI
NUA 56	47	CDEFGHI	NUA 49	41	EFGHI
NUA 41	47	CDEFGHI	NUA 68	41	EFGHI
NUA 47	47	CDEFGHI	NUA 84	41	EFGHI
NUA 38	46	CDEFGHI	NUA 62	41	EFGHI
NUA 28	45	CDEFGHI	NUA 64	41	EFGHI
NUA 45	45	CDEFGHI	NUA 66	41	EFGHI
NUA 19	45	CDEFGHI	NUA 12	40	FGHI
NUA 32	45	CDEFGHI	NUA 13	40	FGHI
NUA 43	45	CDEFGHI	NUA 86	40	FGHI
NUA 99	45	CDEFGHI	NUA 10	40	FGHI
ROJO ORIENTAL (TL)	44	DEFGHI	NUA 11	40	FGHI
NUA 93	44	DEFGHI	NUA 20	40	FGHI
NUA 95	44	DEFGHI	NUA 63	40	FGHI
NUA 96	44	DEFGHI	NUA 77	40	FGHI
NUA 100	44	DEFGHI	NUA 97	40	FGHI
NUA 81	43	DEFGHI	NUA 8	39	GHI
NUA 82	43	DEFGHI	NUA 89	39	GHI
NUA 22	43	EFGHI	NUA 65	39	GHI

NUA 91	43	EFGHI	NUA 88	39	GHI
NUA 98	43	EFGHI	NUA 48	37	HI
NUA 21	42	EFGHI	CAL 96 (TL)	37	I
			PROMEDIO:	44	

Cuadro 4. Promedios del número de granos por vaina de los fréjoles NUAs biofortificados.

Líneas	Promedio	Tukey (5%)	Líneas	Promedio	Tukey (5%)
NUA 16	5	A	NUA 88	4	ABCD
NUA 95	5	A	NUA 89	4	ABCD
NUA 97	5	A	NUA 90	4	ABCD
NUA 98	5	A	NUA 91	4	ABCD
NUA 99	5	AB	NUA 92	4	ABCD
NUA 42	4	ABC	NUA 93	4	ABCD
NUA 56	4	ABC	NUA 94	4	ABCD
NUA 59	4	ABC	NUA 28	4	BCD
NUA 63	4	ABC	NUA 46	4	BCD
NUA 83	4	ABC	NUA 67	4	BCD
NUA 85	4	ABC	NUA 80	4	BCD
NUA 86	4	ABC	NUA 10	3	CD
NUA 96	4	ABC	NUA 12	3	CD
NUA 100	4	ABC	NUA 13	3	CD
NUA 14	4	ABCD	NUA 44	3	CD
NUA 19	4	ABCD	NUA 45	3	CD
NUA 20	4	ABCD	NUA 48	3	CD
NUA 21	4	ABCD	NUA 49	3	CD
NUA 23	4	ABCD	NUA 62	3	CD
NUA 24	4	ABCD	NUA 65	3	CD
NUA 25	4	ABCD	CAL 96 (TL)	3	CD
NUA 29	4	ABCD	NUA 8	3	D
NUA 38	4	ABCD	NUA 9	3	D
NUA 43	4	ABCD	NUA 11	3	D
NUA 50	4	ABCD	NUA 22	3	D
NUA 66	4	ABCD	NUA 30	3	D
NUA 68	4	ABCD	NUA 32	3	D
NUA 75	4	ABCD	NUA 35	3	D
NUA 81	4	ABCD	NUA 41	3	D
NUA 82	4	ABCD	NUA 47	3	D

NUA 84	4	ABCD	NUA 64	3	D
ROJO ORIENTAL (TL)	4	ABCD	NUA 77	3	D
NUA 87	4	ABCD	NUA 78	3	D
			PROMEDIO:	4	

Cuadro 5. Promedio del número de vainas por planta de los fréjoles NUAs biofortificados.

Líneas	Promedio	Tukey (5%)	Líneas	Promedio	Tukey (5)
NUA 67	14	A	NUA 21	9	BCDEF
NUA 80	11	AB	NUA 29	9	BCDEF
NUA 14	11	ABC	NUA 41	9	BCDEF
ROJO ORIENTAL (TL)	11	ABC	NUA 78	9	BCDEF
NUA 49	11	ABC	NUA 89	9	BCDEF
NUA 65	11	ABC	NUA 92	9	BCDEF
NUA 85	11	ABC	NUA 94	9	BCDEF
NUA 24	10	ABCD	NUA 45	9	BCDEF
NUA 66	10	ABCD	NUA 86	9	BCDEF
NUA 82	10	ABCD	NUA 100	9	BCDEF
NUA 20	10	ABCDE	NUA 11	8	BCDEF
NUA 48	10	ABCDE	NUA 19	8	BCDEF
NUA 62	10	ABCDE	NUA 42	8	BCDEF
NUA 64	10	ABCDE	NUA 46	8	BCDEF
NUA 77	10	ABCDE	NUA 95	8	BCDEF
NUA 81	10	ABCDE	NUA 97	8	BCDEF
NUA 83	10	ABCDE	NUA 47	8	BCDEF
NUA 87	10	ABCDE	NUA 50	8	BCDEF
NUA 91	10	ABCDE	NUA 59	8	BCDEF
NUA 93	10	ABCDE	NUA 98	8	BCDEF
NUA 96	10	ABCDE	NUA 25	8	BCDEF
NUA 43	10	BCDEF	NUA 30	8	BCDEF
NUA 68	10	BCDEF	NUA 63	8	BCDEF
NUA 28	9	BCDEF	NUA 88	8	BCDEF
NUA 38	9	BCDEF	NUA 23	7	BCDEF
NUA 44	9	BCDEF	NUA 9	7	CDEF
NUA 75	9	BCDEF	NUA 10	7	CDEF
NUA 84	9	BCDEF	NUA 35	7	CDEF
NUA 90	9	BCDEF	NUA 56	7	CDEF
NUA 99	9	BCDEF	NUA 22	6	DEF

NUA 12	9	BCDEF	NUA 8	6	EF
NUA 13	9	BCDEF	NUA 32	6	F
NUA 16	9	BCDEF	CAL 96 (TL)	6	F
			PROMEDIO:	9	

Cuadro 6. Promedio del peso de 100 semillas en gramos de los fréjoles NUAs biofortificados.

Líneas	Promedio	Tukey (5%)	Líneas	Promedio	Tukey (5%)
NUA 19	68	A	NUA 83	44	BCDEFGHIJKL
NUA 20	57	AB	NUA 63	43	CDEFGHIJKL
NUA 22	56	AB	NUA 84	42	DEFGHIJKL
NUA 24	56	ABC	NUA 92	42	DEFGHIJKL
NUA 32	53	BCD	NUA 78	41	DEFGHIJKL
NUA 28	53	BCDE	NUA 95	41	DEFGHIJKL
NUA 23	52	BCDEF	NUA 97	41	DEFGHIJKL
NUA 9	51	BCDEFG	NUA 42	41	DEFGHIJKL
NUA 16	51	BCDEFGH	NUA 87	41	DEFGHIJKL
NUA 8	50	BCDEFGHI	NUA 49	41	DEFGHIJKL
NUA 11	50	BCDEFGHI	NUA 90	41	DEFGHIJKL
NUA 12	50	BCDEFGHIJ	NUA 98	41	DEFGHIJKL
NUA 13	50	BCDEFGHIJ	NUA 91	40	EFGHIJKL
NUA 10	49	BCDEFGHIJ	NUA 94	40	EFGHIJKL
NUA 29	48	BCDEFGHIJ	NUA 99	40	EFGHIJKL
NUA 47	48	BCDEFGHIJ	NUA 86	40	EFGHIJKL
CAL 96 (TL)	48	BCDEFGHIJ	NUA 89	40	FGHIJKL
NUA 25	48	BCDEFGHIJ	NUA 96	40	FGHIJKL
NUA 45	48	BCDEFGHIJ	NUA 48	39	GHIJKL
NUA 50	47	BCDEFGHIJ	NUA 81	39	GHIJKL
NUA 59	47	BCDEFGHIJ	NUA 82	39	GHIJKL
NUA 38	47	BCDEFGHIJK	NUA 85	39	GHIJKL
NUA 41	47	BCDEFGHIJK	NUA 62	39	GHIJKL
NUA 43	47	BCDEFGHIJK	NUA 66	39	GHIJKL
NUA 44	47	BCDEFGHIJK	NUA 93	39	GHIJKL
NUA 56	47	BCDEFGHIJK	NUA 14	38	HIJKL
NUA 21	46	BCDEFGHIJK	NUA 88	38	HIJKL
NUA 67	46	BCDEFGHIJK	NUA 100	38	HIJKL
NUA 80	46	BCDEFGHIJKL	NUA 64	38	HIJKL
NUA 46	45	BCDEFGHIJKL	NUA 65	38	IJKL

NUA 30	45	BCDEFGHIJKL	NUA 77	37	JKL
ROJO ORIENTAL (TL)	45	BCDEFGHIJKL	NUA 68	34	KL
NUA 35	44	BCDEFGHIJKL	NUA 75	33	L
			PROMEDIO:	45	

Cuadro 7. Rendimiento promedio en kg/ha de los fréjoles NUAs biofortificados.

Líneas	Promedio	Tukey (5%)	Líneas	Promedio	Tukey (5%)
NUA 93	2372	A	NUA 11	1661	ABCDEF
NUA 92	2343	AB	NUA 50	1660	ABCDEF
NUA 96	2258	ABC	NUA 100	1641	ABCDEF
NUA 95	2246	ABC	NUA 77	1621	ABCDEF
NUA 94	2225	ABC	NUA 45	1581	ABCDEF
NUA 98	2214	ABC	NUA 30	1559	ABCDEF
NUA 91	2209	ABCD	NUA 62	1557	ABCDEF
NUA 84	2181	ABCD	NUA 21	1484	ABCDEF
NUA 82	2178	ABCD	NUA 24	1483	ABCDEF
NUA 99	2143	ABCD	NUA 46	1481	ABCDEF
NUA 90	2142	ABCD	NUA 16	1481	ABCDEF
NUA 81	2138	ABCD	NUA 65	1477	ABCDEF
NUA 42	2124	ABCD	NUA 47	1461	ABCDEF
NUA 97	2122	ABCD	NUA 25	1367	ABCDEF
NUA 87	2114	ABCD	NUA 75	1348	ABCDEF
NUA 89	2093	ABCD	NUA 32	1328	ABCDEF
NUA 83	2069	ABCD	NUA 8	1259	ABCDEF
NUA 38	2053	ABCD	CAL 96 (TL)	1248	ABCDEF
NUA 85	2029	ABCDE	NUA 19	1175	ABCDEF
NUA 48	2014	ABCDE	NUA 35	1148	ABCDEF
NUA 88	2003	ABCDE	NUA 68	1147	ABCDEF
NUA 86	1985	ABCDE	NUA 23	1113	ABCDEF
NUA 43	1981	ABCDE	NUA 59	1075	ABCDEF
NUA 13	1903	ABCDEF	NUA 80	1058	ABCDEF
ROJO ORIENTAL (TL)	1898	ABCDEF	NUA 20	1003	ABCDEF
NUA 64	1893	ABCDEF	NUA 49	997	ABCDEF
NUA 44	1758	ABCDEF	NUA 14	964	ABCDEF
NUA 12	1754	ABCDEF	NUA 28	912	BCDEF
NUA 41	1748	ABCDEF	NUA 56	883	CDEF
NUA 66	1743	ABCDEF	NUA 78	835	CDEF

NUA 63	1716	ABCDEF	NUA 29	774	DEF
NUA 10	1675	ABCDEF	NUA 67	612	EF
NUA 9	1673	ABCDEF	NUA 22	485	F
			PROMEDIO:	1634	

Cuadro 8. Rendimientos promedios de tres campañas de los fréjoles NUAs biofortificados.

	LINEA	EL VALLECITO 2005		EL VALLECITO 2006		EL VALLECITO 2007	
1	NUA 93	1229.3	ABCDEFG	3549.0	ABCDE	2372.0	A
2	NUA 92	1631.0	ABCDEF	3528.7	ABCDE	2343.0	AB
3	NUA 96	1824.8	ABCDE	3413.0	ABCDEFG	2257.7	ABC
4	NUA 95	1660.3	ABCDE	3445.3	ABCDEF	2245.7	ABC
5	NUA 94	1792.7	ABCDE	3245.3	ABCDEFGHIJ	2224.7	ABC
6	NUA 98	1423.3	ABCDEFG	3141.0	ABCDEFGHIJ	2213.7	ABC
7	NUA 91	1695.2	ABCDE	3589.3	ABCDE	2208.7	ABCD
8	NUA 84	1493.2	ABCDEF	3417.0	ABCDEFG	2181.3	ABCD
9	NUA 82	1850.8	ABCD	3859.0	AB	2178.3	ABCD
10	NUA 99	1424.4	ABCDEFG	3228.3	ABCDEFGHIJ	2142.7	ABCD
11	NUA 90	1762.4	ABCDE	3847.0	AB	2141.7	ABCD
12	NUA 81	1925.7	ABCD	3736.7	ABCD	2138.0	ABCD
13	NUA 42	2072.9	ABC	2284.3	ABCDEFGHIJK	2124.0	ABCD
14	NUA 97	153.0	ABCDEF	3422.0	ABCDEFG	2122.0	ABCD
15	NUA 87	1604.4	ABCDEF	3911.3	AB	2114.0	ABCD
16	NUA 89	1905	ABCD	3754.3	ABC	2093.0	ABCD
17	NUA 83	1602.8	ABCDEF	3588.3	ABCDE	2069.0	ABCD
18	NUA 38	1643.2	ABCDEF	2045.3	ABCDEFGHIJK	2053.3	ABCD
19	NUA 85	1723.8	ABCDE	3976.7	A	2029.0	ABCDE
20	NUA 48	745.6	FG	1990.7	ABCDEFGHIJK	2013.7	ABCDE
21	NUA 88	1650.3	ABCDE	3332.3	ABCDEFGHI	2003.3	ABCDE
22	NUA 86	1630.7	ABCDEF	3947.7	AB	1984.7	ABCDE
23	NUA 43	2040.5	ABC	2030.0	ABCDEFGHIJK	1980.7	ABCDE
24	NUA 13	1552.9	ABCDEF	1925.7	ABCDEFGHIJK	1903.3	ABCDEF
25	Rojo Oriental (TL)	2200.2	AB	1761.7	ABCDEFGHIJK	1897.7	ABCDEF
26	NUA 64	1783.0	ABCDE	3229.0	ABCDEFGHIJ	1892.7	ABCDEF
27	NUA 44	908.4	DEFG	2333.0	ABCDEFGHIJK	1758.0	ABCDEF
28	NUA 12	1643.6	ABCDEF	1735.3	ABCDEFGHIJK	1753.7	ABCDEF
29	NUA 41	1563	ABCDEF	2193.3	ABCDEFGHIJK	1748.3	ABCDEF
30	NUA 66	1594.7	ABCDEF	2921.7	ABCDEFGHIJK	1743.0	ABCDEF
31	NUA 63	1803.8	ABCDE	3362.0	ABCDEF	1716.0	ABCDEF
32	NUA 10	1592.1	ABCDEF	2269.7	ABCDEFGHIJK	1675.0	ABCDEF
33	NUA 9	1485.3	ABCDEF	2583.0	ABCDEFGHIJK	1673.0	ABCDEF
34	NUA 11	1610.3	ABCDEF	1901.3	ABCDEFGHIJK	1661.0	ABCDEF
35	NUA 50	733.8	FG	1831.0	ABCDEFGHIJK	1659.7	ABCDEF
36	NUA 100	1312.0	ABCDEFG	2896.7	ABCDEFGHIJK	1641.3	ABCDEF
37	NUA 77	1747.3	ABCDE	3426.3	ABCDEFG	1620.7	ABCDEF
38	NUA 45	2178.3	AB	2437.7	ABCDEFGHIJK	1581.0	ABCDEF
39	NUA 30	1519.3	ABCDEF	2688.3	ABCDEFGHIJK	1559.3	ABCDEF
40	NUA 62	1549.8	ABCDEF	2343.7	ABCDEFGHIJK	1556.7	ABCDEF
41	NUA 21	1778.5	ABCDE	1328.7	FGHIJK	1483.7	ABCDEF
42	NUA 24	1530.8	ABCDEF	1008.3	JK	1482.7	ABCDEF
43	NUA 46	1182.3	ABCDEFG	2448.0	ABCDEFGHIJK	1481.3	ABCDEF
44	NUA 16	1698.1	ABCDE	1116.0	HIJK	1480.7	ABCDEF
45	NUA 65	1388.1	ABCDEFG	2464.0	ABCDEFGHIJK	1477.0	ABCDEF
46	NUA 47	1908.4	ABCD	2274.7	ABCDEFGHIJK	1461.0	ABCDEF
47	NUA 25	1314.3	ABCDEFG	1161.3	GHIJK	1366.7	ABCDEF
48	NUA 75	1752.8	ABCDE	2659.3	ABCDEFGHIJK	1347.7	ABCDEF
49	NUA 31	1254.8	ABCDEFG	2212.3	ABCDEFGHIJK	1328.0	ABCDEF
50	NUA 8	1331.9	ABCDEFG	2632.3	ABCDEFGHIJK	1259.0	ABCDEF
51	CAL 96 (TL)	-----	-----	2122.0	ABCDEFGHIJK	1247.7	ABCDEF
52	NUA 19	1570.0	ABCDEF	-----	-----	1174.7	ABCDEF
53	NUA 35	1264.5	ABCDEFG	1901.0	ABCDEFGHIJK	1147.7	ABCDEF
54	NUA 68	1747.2	ABCDE	2604.3	ABCDEFGHIJK	1147.3	ABCDEF
55	NUA 23	1148.2	ABCDEFG	774.7	K	1113.0	ABCDEF
56	NUA 59	1400.8	ABCDEFG	1720.0	ABCDEFGHIJK	1075.0	ABCDEF
57	NUA 80	1656.2	ABCDE	2215.0	ABCDEFGHIJK	1058.0	ABCDEF
58	NUA 20	1300.9	ABCDEFG	1311.7	FGHIJK	1003.3	ABCDEF
59	NUA 49	1052.1	CDEF	1381.0	FGHIJK	997.0	ABCDEF
60	NUA 14	1646.9	ABCDEF	1225.3	FGHIJK	964.3	ABCDEF
61	NUA 28	1667.3	ABCDE	1504.0	CDEFGHIJK	911.7	BCDEF

62	NUA 56	1451.7	ABCDEF	1066.0	IJK	883.3	CDEF
63	NUA 78	1394.8	ABCDEFG	1678.0	BCDEFGHIJK	835.3	CDEF
64	NUA 29	851.8	DEFG	1509.0	CDEFGHIJK	774.3	DEF
65	NUA 67	1655.1	ABCDE	1457.3	DEFGHIJK	611.7	EF
66	NUA 22	1101.8	BCDEFG	826.3	K	485.0	F
67	NUA 69	1759.4	ABCDE	2185.3	BCDEFGHIJK		
68	NUA 39	2246.1	A	2145.0	BCDEFGHIJK		
69	NUA 79	1545.5	ABCDEF	1938.7	BCDEFGHIJK		
70	NUA 32	1759.2	ABCDE				
71	NUA 18	1638.9	ABCDEF				
72	NUA 26	544.7	FG				
73	NUA 27	336.0	G				
PROMEDIO		1535.0		2455.7		1634.4	

Cuadro 9. Características morfoagronómicas, sanitarias y nutricionales del vivero NUAs. Invierno. Santa Cruz. Bolivia. 2007.

Líneas	Días a Floración	Tukey (5%)	Días a Cosecha	Tukey (5%)	Altura de planta en cm	Tukey (5%)	Nº vainas por planta	Tukey (5%)	Nº de granos por vaina	Tukey (5%)	Peso de 100 semillas (g)	Tukey (5%)	Rendimiento en (Kg/ha)	Tukey (5%)	Fe en ppm	Tukey (5%)	Zn en ppm	Tukey (5%)	Enfermedades			Valor agronómico
																			ROY	BAC	OID	
NUA 93	46	ABCD	97	ABCD	44	DEFGHI	10	ABCDE	4	ABCD	39	GHIJKL	2372.0	A	72.2	CDEFG	28.2	H	1	4	1	6
NUA 92	47	ABC	98	ABC	42	EFGHI	9	BCDEF	4	ABCD	42	DEFGHIJKL	2343.0	AB	67.2	DEFG	31.3	FGH	1	4	1	6
NUA 96	45	ABCDEF	98	ABC	44	DEFGHI	10	ABCDE	4	ABC	40	FGHIJKL	2257.7	ABC	73.2	CDEFG	33.8	DEFGH	1	4	1	6
NUA 95	45	BCDEF	97	ABCD	44	DEFGHI	8	BCDEF	5	A	41	DEFGHIJKL	2245.7	ABC	72.6	CDEFG	32.3	EFGH	1	4	1	6
NUA 94	46	ABCD	97	ABCD	42	EFGHI	9	BCDEF	4	ABCD	40	EFGHIJKL	2224.7	ABC	67.3	DEFG	31.5	EFGH	1	4	1	5
NUA 98	46	ABCDE	99	AB	43	EFGHI	8	BCDEF	5	A	41	DEFGHIJKL	2213.7	ABC	66.9	DEFG	32.8	EFGH	1	4	1	6
NUA 91	46	ABCDE	99	AB	43	EFGHI	10	ABCDE	4	ABCD	40	EFGHIJKL	2208.7	ABCD	70.0	CDEFG	31.7	EFGH	1	4	1	6
NUA 84	45	ABCDEF	97	ABCD	41	EFGHI	9	BCDEF	4	ABCD	42	DEFGHIJKL	2181.3	ABCD	70.3	CDEFG	33.0	DEFGH	1	4	1	6
NUA 82	45	BCDEF	94	BCDE	43	DEFGHI	10	ABCD	4	ABCD	39	GHIJKL	2178.3	ABCD	71.9	CDEFG	31.3	FGH	1	4	1	5
NUA 99	45	BCDEF	98	ABC	45	CDEFGHI	9	BCDEF	5	AB	40	EFGHIJKL	2142.7	ABCD	73.6	BCDEFG	34.0	CDEFGH	1	4	1	6
NUA 90	47	AB	96	ABCDE	42	EFGHI	9	BCDEF	4	ABCD	41	DEFGHIJKL	2141.7	ABCD	78.3	ABCDEFG	34.1	CDEFGH	1	4	1	6
NUA 81	44	CDEFG	97	ABCD	43	DEFGHI	10	ABCDE	4	ABCD	39	GHIJKL	2138.0	ABCD	73.8	BCDEFG	33.3	DEFGH	1	4	1	5
NUA 42	46	ABCDE	92	DE	42	EFGHI	8	BCDEF	4	ABC	41	DEFGHIJKL	2124.0	ABCD	55.3	G	31.5	EFGH	1	4	1	6
NUA 97	44	CDEFG	98	ABC	40	FGHI	8	BCDEF	5	A	41	DEFGHIJKL	2122.0	ABCD	73.6	BCDEFG	32.7	EFGH	1	4	1	6
NUA 87	44	CDEFG	98	ABC	42	EFGHI	10	ABCDE	4	ABCD	41	DEFGHIJKL	2114.0	ABCD	75.3	ABCDEFG	34.6	CDEFGH	1	4	1	6
NUA 89	45	BCDEF	96	ABCDE	39	GHI	9	BCDEF	4	ABCD	40	FGHIJKL	2093.0	ABCD	73.6	BCDEFG	31.9	EFGH	1	4	1	6
NUA 83	45	ABCDEF	97	ABCD	41	EFGHI	10	ABCDE	4	ABC	44	BCDEFGHIJKL	2069.0	ABCD	73.5	BCDEFG	33.0	DEFGH	1	4	1	5
NUA 38	45	BCDEF	92	DE	46	CDEFGHI	9	BCDEF	4	ABCD	47	BCDEFGHIJK	2053.3	ABCD	72.2	CDEFG	34.1	CDEFGH	1	5	2	6
NUA 85	44	CDEFG	97	ABCD	42	EFGHI	11	ABC	4	ABC	39	GHIJKL	2029.0	ABCDE	70.0	CDEFG	32.5	EFGH	1	4	1	6
NUA 48	45	BCDEF	95	ABCDE	37	HI	10	ABCDE	3	CD	39	GHIJKL	2013.7	ABCDE	73.9	BCDEFG	27.9	H	1	6	1	6
NUA 88	44	CDEFG	94	BCDE	39	GHI	8	BCDEF	4	ABCD	38	HIJKL	2003.3	ABCDE	73.9	BCDEFG	34.9	BCDEFGH	1	4	1	6
NUA 86	46	ABCD	97	ABCD	40	FGHI	9	BCDEF	4	ABC	40	EFGHIJKL	1984.7	ABCDE	73.7	BCDEFG	37.3	BCDEFGH	1	4	1	6
NUA 43	46	ABCDE	93	CDE	45	CDEFGHI	10	BCDEF	4	ABCD	47	BCDEFGHIJK	1980.7	ABCDE	64.4	EFG	31.0	GH	1	4	2	6
NUA 13	43	EFG	92	DE	40	FGHI	9	BCDEF	3	CD	50	BCDEFGHIJ	1903.3	ABCDEF	81.4	ABCDEFG	33.3	DEFGH	1	4	3	6

ROJO ORIENTAL (TL)	45	BCDEF	94	BCDE	44	DEFGHI	11	ABC	4	ABCD	45	BCDEFGHIJKL	1897.7	ABCDEF	78.9	ABCDEFG	38.2	ABCDEFGH	1	3	1	6
NUA 64	45	ABCDEF	97	ABCD	41	EFGHI	10	ABCDE	3	D	38	HIJKL	1892.7	ABCDEF	75.7	ABCDEFG	34.3	CDEFGH	1	4	1	5
NUA 44	43	FG	94	BCDE	41	EFGHI	9	BCDEF	3	CD	47	BCDEFGHIJK	1758.0	ABCDEF	73.9	BCDEFG	35.3	BCDEFGH	1	4	2	6
NUA 12	43	FG	92	DE	40	FGHI	9	BCDEF	3	CD	50	BCDEFGHIJ	1753.7	ABCDEF	71.8	CDEFG	30.0	GH	1	5	3	6
NUA 41	43	EFG	96	ABCDE	47	CDEFGHI	9	BCDEF	3	D	47	BCDEFGHIJK	1748.3	ABCDEF	80.9	ABCDEFG	37.1	BCDEFGH	1	4	1	6
NUA 66	47	AB	97	ABCD	41	EFGHI	10	ABCD	4	ABCD	39	GHIJKL	1743.0	ABCDEF	66.9	DEFG	34.6	CDEFGH	1	5	1	6
NUA 63	46	ABCDE	97	ABCD	40	FGHI	8	BCDEF	4	ABC	43	CDEFGHIJKL	1716.0	ABCDEF	77.1	ABCDEFG	35.2	BCDEFGH	1	5	1	6
NUA 10	45	BCDEF	92	DE	40	FGHI	7	CDEF	3	CD	49	BCDEFGHIJ	1675.0	ABCDEF	79.1	ABCDEFG	31.9	EFGH	1	5	2	6
NUA 9	45	BCDEF	94	BCDE	41	EFGHI	7	CDEF	3	D	51	BCDEFG	1673.0	ABCDEF	83.9	ABCDEF	32.6	EFGH	1	5	1	6
NUA 11	44	DEFG	94	BCDE	40	FGHI	8	BCDEF	3	D	50	BCDEFGHI	1661.0	ABCDEF	81.1	ABCDEFG	32.2	EFGH	1	5	3	6
NUA 50	45	BCDEF	94	BCDE	42	EFGHI	8	BCDEF	4	ABCD	47	BCDEFGHIJ	1659.7	ABCDEF	73.9	BCDEFG	33.7	DEFGH	1	5	1	5
NUA 100	43	EFG	99	AB	44	DEFGHI	9	BCDEF	4	ABC	38	HIJKL	1641.3	ABCDEF	64.3	EFG	33.1	DEFGH	1	4	1	6
NUA 77	44	DEFG	97	ABCD	40	FGHI	10	ABCDE	3	D	37	JKL	1620.7	ABCDEF	75.2	ABCDEFG	33.6	DEFGH	1	4	1	6
NUA 45	46	ABCD	92	DE	45	CDEFGHI	9	BCDEF	3	CD	48	BCDEFGHIJ	1581.0	ABCDEF	60.8	FG	30.8	GH	1	4	1	6
NUA 30	45	BCDEF	97	ABCD	49	CDEFG	8	BCDEF	3	D	45	BCDEFGHIJKL	1559.3	ABCDEF	72.9	CDEFG	35.8	BCDEFGH	1	4	1	6
NUA 62	46	ABCD	97	ABCD	41	EFGHI	10	ABCDE	3	CD	39	GHIJKL	1556.7	ABCDEF	80.0	ABCDEFG	37.4	BCDEFGH	1	4	1	6
NUA 21	44	CDEFG	94	BCDE	42	EFGHI	9	BCDEF	4	ABCD	46	BCDEFGHIJK	1483.7	ABCDEF	90.7	ABCDE	37.1	BCDEFGH	1	5	3	7
NUA 24	46	ABCD	93	CDE	48	CDEFG	10	ABCD	4	ABCD	56	ABC	1482.7	ABCDEF	100.0	AB	44.4	ABC	4	4	1	6
NUA 46	47	ABC	95	ABCDE	48	CDEFG	8	BCDEF	4	BCD	45	BCDEFGHIJKL	1481.3	ABCDEF	86.2	ABCDEF	40.0	ABCDEFG	1	4	2	6
NUA 16	47	AB	94	BCDE	55	C	9	BCDEF	5	A	51	BCDEFGH	1480.7	ABCDEF	76.8	ABCDEFG	36.9	BCDEFGH	1	4	3	6
NUA 65	44	DEFG	97	ABCD	39	GHI	11	ABC	3	CD	38	IJKL	1477.0	ABCDEF	69.4	CDEFG	36.8	BCDEFGH	1	4	1	6
NUA 47	44	DEFG	97	ABCD	47	CDEFGHI	8	BCDEF	3	D	48	BCDEFGHIJ	1461.0	ABCDEF	95.8	ABC	41.9	ABCDE	1	6	2	7
NUA 25	46	ABCD	95	ABCDE	48	CDEFG	8	BCDEF	4	ABCD	48	BCDEFGHIJ	1366.7	ABCDEF	84.7	ABCDEF	39.5	ABCDEFG	2	4	1	7
NUA 75	43	EFG	97	ABCD	42	EFGHI	9	BCDEF	4	ABCD	33	L	1347.7	ABCDEF	78.4	ABCDEFG	36.5	BCDEFGH	1	4	1	6
NUA 32	45	ABCDEF	96	ABCDE	45	CDEFGHI	6	F	3	D	53	BCD	1328.0	ABCDEF	78.3	ABCDEFG	39.9	ABCDEFG	1	4	1	6
NUA 8	44	DEFG	93	CDE	39	GHI	6	EF	3	D	50	BCDEFGHI	1259.0	ABCDEF	78.9	ABCDEFG	31.7	EFGH	1	4	1	7
CAL 96 (TL)	37	I	92	DE	37	I	6	F	3	CD	48	BCDEFGHIJ	1247.7	ABCDEF	71.4	CDEFG	33.0	DEFGH	1	4	3	7
NUA 19	48	A	92	DE	45	CDEFGHI	8	BCDEF	4	ABCD	68	A	1174.7	ABCDEF	83.6	ABCDEF	39.0	ABCDEFG	1	4	2	7
NUA 35	42	G	93	CDE	50	CDEF	7	CDEF	3	D	44	BCDEFGHIJKL	1147.7	ABCDEF	91.3	ABCD	45.4	AB	1	4	2	6
NUA 68	46	ABCD	95	ABCDE	41	EFGHI	10	BCDEF	4	ABCD	34	KL	1147.3	ABCDEF	73.5	BCDEFG	37.3	BCDEFGH	1	5	1	6
NUA 23	47	AB	92	DE	48	CDEFGH	7	BCDEF	4	ABCD	52	BCDEF	1113.0	ABCDEF	85.6	ABCDEF	39.6	ABCDEFG	5	4	2	6
NUA 59	47	ABC	95	ABCDE	48	CDEFG	8	BCDEF	4	ABC	47	BCDEFGHIJ	1075.0	ABCDEF	90.5	ABCDE	32.8	EFGH	1	4	1	6
NUA 80	46	ABCD	100	A	71	B	11	AB	4	BCD	46	BCDEFGHIJKL	1058.0	ABCDEF	82.1	ABCDEF	43.4	ABCD	1	4	1	7

NUA 20	45	BCDEF	91	E	40	FGHI	10	ABCDE	4	ABCD	57	AB	1003.3	ABCDEF	94.2	ABC	37.0	BCDEFGH	1	6	2	7
NUA 49	46	ABCD	98	ABC	41	EFGHI	11	ABC	3	CD	41	DEFGHIJKL	997.0	ABCDEF	80.0	ABCDEFG	36.1	BCDEFGH	1	4	3	6
NUA 14	47	ABC	93	CDE	54	CD	11	ABC	4	ABCD	38	HIJKL	964.3	ABCDEF	90.7	ABCDE	39.9	ABCDEFG	1	4	2	6
NUA 28	44	CDEFG	95	ABCDE	45	CDEFGHI	9	BCDEF	4	BCD	53	BCDE	911.7	BCDEF	82.8	ABCDEF	36.9	BCDEFGH	1	4	2	7
NUA 56	47	ABC	95	ABCDE	47	CDEFGHI	7	CDEF	4	ABC	47	BCDEFGHIJK	883.3	CDEF	83.1	ABCDEF	34.3	CDEFGH	1	4	1	7
NUA 78	47	AB	100	A	41	EFGHI	9	BCDEF	3	D	41	DEFGHIJKL	835.3	CDEF	93.0	ABCD	41.7	ABCDEF	1	5	1	7
NUA 29	47	ABC	97	ABCD	51	CDE	9	BCDEF	4	ABCD	48	BCDEFGHIJ	774.3	DEF	76.5	ABCDEFG	36.9	BCDEFGH	1	4	1	7
NUA 67	46	ABCD	99	AB	83	A	14	A	4	BCD	46	BCDEFGHIJK	611.7	EF	86.8	ABCDEF	48.4	A	1	4	1	7
NUA 22	43	EFG	94	BCDE	43	EFGHI	6	DEF	3	D	56	AB	485.0	F	101.4	A	38.8	ABCDEFG	1	4	2	7
Promedio	45		95		44		9		4		45		1634		78		35					
Significancia	**		**		**		**		**		**		**		**		**					
C V %	1.9		1.8		7.1		13.9		8.9		8.5		26.2		10.3		8.91					
Tukey	2.80		5.60		10.60		4.19		1.10		12.69		1437.4		26,7		10.6					

Cuadro 10. Comparación de concentración de los micro elementos de las líneas NUAs, según campaña agrícola. Santa Cruz, Bolivia.

N°	LÍNEAS	INVIERNO 2005 VALLECITO		VERANO 2006 SAN JUAN DEL POTRERO		INVIERNO 2006 VALLECITO		INVIERNO 2007 VALLECITO		Promedio de Fe en ppm	Promedio de Zn en ppm
		Fe (ppm)	Zn (ppm)	Fe (ppm)	Zn (ppm)	Fe (ppm)	Zn (ppm)	Fe (ppm)	Zn (ppm)		
1	NUA 27	103.28	43.80	99.89	33.25	101.39	50.73	----	----	101.52	42.6
2	NUA 22	94.99	35.44	114.47	35.04	80.36	41.31	101.43	38.80	97.81	37.6
3	NUA 24	107.83	37.03	98.81	34.07	83.19	39.47	99.99	44.40	97.46	38.7
4	NUA 20	91.48	38.36	110.01	37.36	80.06	37.33	94.21	36.96	93.94	37.5
5	NUA 23	98.46	39.49	107.55	36.11	79.55	37.30	85.63	39.62	92.80	38.1
6	NUA 67	89.50	41.82	106.81	35.81	83.82	32.41	86.76	48.35	91.72	39.6
7	NUA 31	85.81	36.74	97.70	36.48	91.40	45.28	----	----	91.64	39.5
8	NUA 56	94.83	34.46	100.28	29.76	86.81	32.58	83.07	34.25	91.25	32.8
9	NUA 50	92.34	36.99	103.77	34.63	94.57	36.42	73.85	33.65	91.13	35.4
10	NUA 59	98.75	36.35	101.72	33.46	70.83	31.26	90.53	32.84	90.46	33.5
11	NUA 62	99.30	38.32	97.95	31.67	83.52	33.75	79.99	37.35	90.19	35.3
12	NUA 47	85.28	36.63	104.00	32.19	74.01	40.86	95.78	41.89	89.77	37.9
13	NUA 35	99.29	41.19	100.94	34.16	65.99	36.75	91.26	45.39	89.37	39.4
14	NUA 14	87.83	33.34	100.10	34.15	77.95	32.08	90.69	39.89	89.14	34.9
15	NUA 49	104.50	41.38	108.58	32.95	57.54	28.47	79.97	36.12	87.65	34.7
16	NUA 19	87.23	33.35	110.81	35.95	68.51	32.75	83.61	38.99	87.54	35.3
17	NUA 28	78.12	35.52	90.39	34.30	98.15	41.59	82.77	36.85	87.36	37.1
18	NUA 25	92.71	38.34	101.58	35.70	70.10	32.70	84.72	39.48	87.28	36.6
19	NUA 26	109.43	39.88	102.21	34.02	70.05	33.31	65.90	34.30	86.90	35.4
20	NUA 64	86.87	36.63	100.00	34.20	82.26	41.98	75.70	34.33	86.21	36.8
21	NUA 69	81.40	36.94	96.76	33.28	80.42	38.11	----	----	86.19	36.1
22	NUA 46	89.48	36.02	94.22	32.33	72.94	35.69	86.14	39.97	85.70	36.0
23	NUA 16	86.45	37.07	105.55	36.06	71.21	32.95	76.85	36.88	85.01	35.7
24	NUA 65	83.57	36.73	97.32	33.39	89.72	35.68	69.38	36.79	85.00	35.6
25	NUA 66	80.49	35.49	99.00	32.01	93.54	41.21	66.86	34.55	84.97	35.8
26	NUA 18	84.75	35.15	102.62	36.75	66.40	32.40	----	----	84.59	34.8
27	NUA 41	89.58	34.74	103.27	33.39	63.77	31.77	80.93	37.14	84.39	34.3
28	NUA 21	74.16	32.55	95.15	32.90	77.34	37.50	90.74	37.08	84.35	35.0

29	NUA 63	87.46	36.21	103.10	33.41	67.85	32.86	77.08	35.23	83.87	34.4
30	NUA 8	75.05	30.10	105.91	33.96	71.83	39.30	78.85	31.69	82.91	33.8
31	NUA 32	79.73	34.45	95.84	31.68	75.36	38.30	78.34	39.88	82.31	36.1
32	NUA 78	69.38	33.32	93.48	35.79	71.95	34.73	93.04	41.65	81.96	36.4
33	NUA 29	71.21	29.46	95.13	32.60	84.01	38.22	76.52	36.88	81.72	34.3
34	NUA 38	86.79	32.12	104.74	32.89	63.04	37.75	72.22	34.11	81.70	34.2
35	NUA 79	76.84	35.55	95.73	38.55	72.24	32.85	----	----	81.60	35.6
36	NUA 80	83.66	38.82	102.06	34.13	58.32	32.70	82.15	43.43	81.55	37.3
37	NUA 48	93.13	32.27	95.73	34.52	60.41	33.54	73.88	27.92	80.79	32.1
38	NUA 9	76.13	31.10	89.44	32.38	70.44	29.72	85.79	32.64	80.45	31.5
39	NUA 11	76.69	29.37	90.38	34.17	71.67	39.23	81.08	32.21	79.95	33.7
40	NUA 12	76.03	29.81	95.75	35.06	75.29	34.66	71.78	29.97	79.71	32.4
41	NUA 77	69.40	32.91	87.55	35.73	85.36	39.67	75.21	33.59	79.38	35.5
42	NUA 13	72.23	28.73	85.42	34.99	77.86	32.62	81.35	33.27	79.21	32.4
43	NUA 82	72.49	29.54	88.05	32.66	83.72	39.62	71.87	31.30	79.03	33.3
44	NUA 10	76.87	29.71	89.44	33.65	69.98	35.22	79.09	31.88	78.84	32.6
45	NUA 30	70.95	33.45	90.31	35.06	79.17	34.61	72.87	35.78	78.32	34.7
46	NUA 93	70.15	31.27	96.37	34.55	72.20	33.92	72.23	28.19	77.74	32.0
47	NUA 44	75.30	32.42	94.00	30.73	67.53	34.60	73.90	35.27	77.68	33.3
48	NUA 84	70.88	33.56	92.92	33.74	75.41	34.85	70.27	33.00	77.37	33.8
49	NUA 99	63.74	30.47	86.84	33.18	83.80	35.54	73.58	34.00	76.99	33.3
50	NUA 39	60.30	25.34	86.72	32.77	74.86	37.53	84.70	37.70	76.64	33.3
51	NUA 83	71.20	29.90	90.35	31.91	71.16	44.59	73.47	32.96	76.54	34.8
52	NUA 88	68.62	30.68	96.96	34.29	66.60	36.19	73.91	34.93	76.52	34.0
53	NUA 81	69.69	30.21	90.19	37.40	71.66	37.44	73.82	33.31	76.34	34.6
54	ROJO ORIENTAL (TL)	64.35	31.69	86.84	30.32	74.26	32.09	78.92	38.21	76.09	33.1
55	NUA 43	70.22	27.45	96.40	28.39	70.70	36.87	64.41	30.98	75.43	30.9
56	NUA 96	66.83	29.57	89.54	34.80	70.69	34.10	73.23	33.78	75.07	33.1
57	NUA 87	67.43	31.15	88.77	34.62	67.64	39.98	75.29	34.59	74.79	35.1
58	NUA 75	66.07	33.34	80.64	34.09	70.97	29.89	78.37	36.53	74.01	33.5
59	NUA 89	65.95	30.33	87.11	32.81	66.77	35.95	73.61	31.89	73.36	32.7
60	NUA 97	65.34	29.92	80.28	33.12	74.09	40.88	73.58	32.72	73.32	34.2
61	NUA 42	63.48	25.97	89.22	32.01	84.93	40.74	55.25	31.46	73.22	32.5
62	NUA 94	67.72	29.13	84.88	33.66	72.77	33.43	67.33	31.53	73.17	31.9

63	NUA 68	74.97	37.48			70.31	34.98	73.51	37.27	72.93	36.6
64	NUA 95	65.85	29.55	81.09	33.98	68.90	34.46	72.60	32.31	72.11	32.6
65	NUA 90	61.85	30.36	83.30	34.26	64.99	32.25	78.26	34.11	72.10	32.7
66	NUA 100	67.66	34.25	89.37	34.36	67.03	34.33	64.31	33.11	72.09	34.0
67	NUA 98	64.95	29.90	83.56	34.83	72.30	34.94	66.90	32.82	71.93	33.1
68	NUA 45	64.84	27.93	88.70	31.65	72.59	35.72	60.76	30.84	71.72	31.5
69	NUA 91	66.25	30.66	86.22	34.47	64.18	33.80	70.00	31.70	71.66	32.7
70	CAL 96 (TL)	74.55	32.16	91.58	32.80	73.64	37.50	71.44	32.95	71.44	33.9
71	NUA 92	64.08	30.16	85.04	34.13	63.89	34.82	67.15	31.29	70.04	32.6
72	NUA 85	64.79	30.31	83.63	35.89	60.45	34.16	70.00	32.51	69.72	33.2
73	NUA 86	59.34	28.34	73.44	34.60	60.83	32.18	73.66	37.29	66.82	33.1
Promedio		78.74	33.43	94.77	33.89	74.37	35.99	77.53	35.36	81.39	34.72

Cuadro 11. Interpretación de resultados del análisis físico-químico de suelos.

Características del suelo	LOCALIDADES			
	Vallecito Invierno 2005 Lote B 1	San Juan del Potrero verano 2006	Vallecito Invierno 2006 Lote B2	Vallecito Invierno 2007 Lote B 3
Arena %	37	15	37	27
Limo %	42	51	42	53
Arcilla %	21	34	21	20
M.O. %	1.5	3.9	2	2.2
pH	6.1	6.3	5.5	6.1
C.E. uS/cm	27	350	77	240
C.I.C.E.	6.1	14.9	7.1	7.3
N %	0.09	0.26	0.11	0.12
P ppm	3	59	13	33
K cmol/kg	0.25	2.04	0.52	0.63
Ca cmol/kg	4.2	6.9	4.7	4.5
Mg cmol/kg	1.4	5.4	1.6	1.8
Na cmol/kg	0.09	0.38	0.16	0.16
T.B.I.	5.9	14.7	7	7.1
Sat. Bases %	97	99	98	98
Fe ppm	96	11	112	92
Mn ppm	23	78	25	49
Cu ppm	1.2	0.6	1.1	1.2
Zn ppm	1.1	6.4	1.7	1.8

6. CONCLUSIONES

1. Las plantas de las líneas mejoradas de frejol NUAs biofortificados con hierro y zinc, presentaron un crecimiento y desarrollo adecuado para las condiciones ambientales del área central del departamento de Santa Cruz, a pesar de que las condiciones de humedad no fueron las ideales.
2. En promedio general los niveles de productividad de las líneas NUAs fueron superiores a los rendimientos de la variedad comercial Rojo Oriental.
3. Las líneas codificadas como NUAs presentaron las mayores concentraciones de hierro, con un máximo de 114.47ppm y un mínimo de 57.54ppm. Las concentraciones de zinc tuvieron valores máximos hasta 50.73ppm y un mínimo de 25.34ppm, respectivamente.
4. Después de varios semestres de evaluación, se puede definir que hay líneas sobresalientes por sus altas concentraciones de hierro y zinc, además por su mejor tamaño, color, peso de la semilla, buen valor agronómico y buena sanidad, parámetros que las distingue de la variedad comercial Rojo Oriental.
5. Las líneas NUAs presentan niveles de susceptibilidad a *Uromyces appendiculatus* en los ambientes de los valles interandinos y no así, en ambientes de la llanura oriental.

ANEXOS

Cuadro 1. Características morfoagronómicas, sanitarias y nutricionales del vivero BIFs. Invierno. Santa Cruz. Bolivia. 2007.

Líneas	Días a Floración	Tukey (5%)	Días a cosecha	Tukey (5%)	Altura de planta	Tukey (5%)	N° Vainas por planta	Tukey (5%)	N° Granos por vaina	Tukey (5%)	Peso de 100 semillas (g)	Tukey (5%)	Rendimiento (Kg/ha)	Tukey (5%)	Fe en ppm	Tukey (5%)	Zn en ppm	Tukey (5%)	Enfermedades			Valor agronómico
																			ROY	BAC	OID	
POA 13 (TL)	47.7	A	95.0	BCDE	45.3	BCDEFGHIJ	7.0	DEFG	4.3	A	47.3	ABCDEF	1840.3	A	56.66	D	36.88	ABCDEF	3	2	2	6
BIF 50	44.7	B	94.0	BCDEFG	43.3	DEFGHIJK	7.0	DEFG	3.0	B	45.0	ABCDEF	1701.0	AB	56.87	D	31.39	F	4	3	5	7
BIF 62	43.0	CD	93.7	CDEFG	38.3	JK	10.7	ABC	3.3	AB	44.0	ABCDEF	1693.7	AB	58.92	CD	32.46	EF	1	5	2	6
BIF 35	42.0	DE	91.7	DEFG	46.0	ABCDEF	8.0	CDEFG	3.3	AB	49.3	ABCDEF	1666.7	AB	68.99	ABCD	33.88	EF	1	5	2	6
BIF 34	42.0	DE	92.0	DEFG	47.0	ABCDEF	7.0	DEFG	3.3	AB	47.7	ABCDEF	1608.0	AB	64.45	BCD	34.26	EF	1	5	2	6
BIF 38	42.7	CD	92.0	DEFG	42.0	EFGHIJK	6.3	EFG	4.0	AB	47.7	ABCDEF	1602.0	AB	65.36	BCD	34.7	EF	1	5	2	6
BIF 6	42.7	CD	92.0	DEFG	38.7	IJK	8.3	CDEFG	4.0	AB	45.7	ABCDEF	1591.0	AB	66.5	BCD	34.08	EF	1	4	3	6
BIF 21	43.0	CD	94.7	BCDEF	48.0	ABCDE	7.7	CDEFG	3.7	AB	53.7	A	1581.0	AB	82.14	ABCD	37.96	ABCDEF	1	5	2	5
BIF 9	41.0	E	94.0	BCDEFG	37.0	K	7.3	DEFG	4.0	AB	54.0	A	1560.3	AB	71.19	ABCD	35.97	CDEF	1	6	2	6
BIF 15	43.0	CD	94.0	BCDEFG	43.7	DEFGHIJK	7.0	DEFG	3.7	AB	51.3	ABCD	1544.7	AB	78.68	ABCD	40.01	ABCDEF	1	5	3	6
BIF 22	45.0	B	89.7	FG	43.3	DEFGHIJK	8.3	CDEFG	3.0	B	38.3	DEFGHI	1532.3	AB	66.46	BCD	38.47	ABCDEF	1	4	3	7
BIF 20	42.7	CD	94.0	BCDEFG	41.7	EFGHIJK	7.3	DEFG	4.0	AB	46.3	ABCDEF	1532.0	AB	70.4	ABCD	35.47	CDEF	1	5	2	6
BIF 46	42.0	DE	94.7	BCDEF	39.3	GHIJK	7.3	DEFG	3.3	AB	43.0	ABCDEF	1525.7	AB	59.58	CD	35.48	CDEF	1	4	2	6
BIF 45	42.7	CD	91.0	DEFG	41.0	EFGHIJK	7.3	DEFG	3.3	AB	48.3	ABCDEF	1513.0	AB	65.14	BCD	34.78	EF	1	6	2	6
RADICAL CERINZA	42.7	CD	92.0	DEFG	45.7	ABCDEF	8.3	CDEFG	4.0	AB	44.7	ABCDEF	1505.3	AB	65.24	BCD	35.49	CDEF	1	5	2	6
BIF 47	43.0	CD	94.0	BCDEFG	38.3	JK	7.0	DEFG	3.7	AB	53.0	AB	1501.7	AB	67.18	BCD	32.38	EF	1	5	2	6
BIF 44	42.7	CD	92.0	DEFG	38.3	JK	7.7	CDEFG	3.3	AB	50.3	ABCDEF	1487.0	AB	66.24	BCD	36.66	BCDEF	1	4	2	6
BIF 61	42.7	CD	95.0	BCDE	41.0	EFGHIJK	7.0	DEFG	3.3	AB	49.0	ABCDEF	1481.0	AB	64.56	BCD	34.85	DEF	1	5	3	6
BIF 7	41.0	E	91.7	DEFG	43.3	DEFGHIJK	9.3	ABCDE	3.0	B	42.7	ABCDEF	1472.0	AB	74.21	ABCD	38.1	ABCDEF	1	4	3	6
BIF 13	43.0	CD	91.0	DEFG	39.0	HIJK	6.0	FG	3.7	AB	50.7	ABCDE	1470.7	AB	70.21	ABCD	34.59	EF	1	6	2	6
BIF 14	43.7	BC	89.0	G	41.0	EFGHIJK	7.7	CDEFG	3.3	AB	52.7	ABC	1456.3	AB	66.56	BCD	34.06	EF	1	5	3	6
BIF 10	42.7	CD	94.0	BCDEFG	41.0	EFGHIJK	6.0	FG	4.0	AB	51.7	ABCD	1454.0	AB	68.04	ABCD	36.1	CDEF	1	5	2	6
BIF 39	43.0	CD	94.7	BCDEF	48.0	ABCDE	7.0	DEFG	3.0	B	53.0	AB	1422.0	AB	77.37	ABCD	37.63	ABCDEF	1	4	2	6
BIF 3	41.0	E	95.0	BCDE	44.0	DEFGHIJK	6.7	DEFG	3.3	AB	43.7	ABCDEF	1417.7	AB	90.05	AB	40.66	ABCDEF	1	3	3	6
BIF 40	42.0	DE	90.7	EFG	46.7	ABCDEF	7.7	CDEFG	3.0	B	46.0	ABCDEF	1415.7	AB	63.9	BCD	37.47	ABCDEF	1	5	3	6

BIF 48	43.0	CD	93.0	CDEFG	36.7	K	6.0	FG	3.0	B	52.0	ABCD	1414.7	AB	69.8	ABCD	31.08	F	1	5	2	6
AFR 298	42.7	CD	94.0	BCDEFG	40.0	FGHIJK	7.0	DEFG	4.0	AB	48.7	ABCDEF	1365.7	AB	77.44	ABCD	39.68	ABCDEF	1	5	3	6
BIF 36	43.0	CD	90.7	EFG	40.7	EFGHIJK	8.0	CDEFG	4.0	AB	44.3	ABCDEFGH	1361.3	AB	66.64	BCD	33.48	EF	1	6	2	6
BIF 19	42.0	DE	96.0	ABCD	46.0	ABCDEFGH	6.3	EFG	3.0	B	49.0	ABCDEF	1350.3	AB	82.71	ABCD	38.04	ABCDEF	1	4	2	6
CAL 96	42.7	CD	92.7	DEFG	41.0	EFGHIJK	8.0	CDEFG	3.0	B	50.7	ABCDE	1344.3	AB	77.94	ABCD	34.35	EF	1	5	2	6
BIF 25	44.0	BC	95.0	BCDE	42.3	EFGHIJK	7.7	CDEFG	4.0	AB	39.0	CDEFGH	1341.7	AB	69.67	ABCD	33.79	EF	1	4	2	6
BIF 49	43.0	CD	92.7	DEFG	38.3	JK	7.0	DEFG	3.3	AB	52.7	ABC	1299.3	AB	63.11	CD	31.56	F	1	4	2	6
BIF 24	44.0	BC	93.7	CDEFG	42.7	EFGHIJK	8.0	CDEFG	3.0	B	41.0	ABCDEFGH	1297.3	AB	74.64	ABCD	36.48	BCDEF	1	4	3	6
BIF 29	45.0	B	92.7	DEFG	50.7	ABCD	7.0	DEFG	3.7	AB	39.7	BCDEFGH	1295.7	AB	81.71	ABCD	45.33	ABCD	1	4	3	6
BIF 17	42.7	CD	95.0	BCDE	43.3	DEFGHIJK	7.3	DEFG	4.0	AB	50.0	ABCDEF	1277.7	AB	76.4	ABCD	39.29	ABCDEF	1	4	2	6
BIF 4	42.7	CD	94.7	BCDEF	43.0	DEFGHIJK	8.0	CDEFG	3.7	AB	45.3	ABCDEFGH	1260.0	AB	68.75	ABCD	39.56	ABCDEF	1	4	2	6
BIF 16	43.0	CD	95.7	ABCDE	42.3	EFGHIJK	6.0	FG	3.3	AB	48.7	ABCDEF	1257.7	AB	79.02	ABCD	38.27	ABCDEF	1	4	2	6
BIF 23	45.0	B	91.7	DEFG	42.3	EFGHIJK	7.3	DEFG	3.0	B	33.3	I	1255.0	AB	76.4	ABCD	38.74	ABCDEF	1	3	3	6
BIF 63	42.7	CD	94.0	BCDEFG	43.0	DEFGHIJK	12.0	A	3.0	B	41.0	ABCDEFGH	1220.3	AB	64.26	BCD	41.37	ABCDEF	1	5	3	7
BIF 33	42.7	CD	93.7	CDEFG	45.0	CDEFGH	7.0	DEFG	3.3	AB	48.3	ABCDEF	1215.0	AB	71.38	ABCD	38.57	ABCDEF	1	5	3	6
BIF 18	43.0	CD	95.0	BCDE	41.7	EFGHIJK	7.0	DEFG	3.0	B	50.0	ABCDEF	1181.7	AB	80.7	ABCD	39.35	ABCDEF	1	5	2	6
ROJO ORIENTAL (TL)	44.0	BC	95.0	BCDE	46.3	ABCDEFGH	7.3	DEFG	4.0	AB	46.7	ABCDEFGH	1180.0	AB	77.12	ABCD	46.76	AB	1	4	2	5
BIF 32	43.0	CD	94.7	BCDEF	46.7	ABCDEFGH	9.0	ABCDEF	4.0	AB	40.3	ABCDEFGH	1158.7	AB	65.74	BCD	37.64	ABCDEF	1	4	4	6
BIF 42	42.7	CD	93.0	CDEFG	42.7	EFGHIJK	7.0	DEFG	3.0	B	51.3	ABCD	1154.7	AB	74.8	ABCD	41.01	ABCDEF	1	5	2	6
BIF 60	42.7	CD	93.7	CDEFG	44.0	DEFGHIJK	12.0	A	3.0	B	43.0	ABCDEFGH	1154.0	AB	62.78	CD	36.14	CDEF	1	4	2	6
BIF 59	44.0	BC	94.0	BCDEFG	48.3	ABCDE	10.7	ABC	3.0	B	45.7	ABCDEFGH	1152.3	AB	70.65	ABCD	39.29	ABCDEF	1	4	3	7
BIF 5	42.0	DE	94.7	BCDEF	44.0	DEFGHIJK	7.0	DEFG	4.3	A	34.0	HI	1126.3	AB	78.13	ABCD	40.58	ABCDEF	1	4	2	6
BIF 26	43.7	BC	92.0	DEFG	47.0	ABCDEFGH	8.3	CDEFG	3.0	B	41.0	ABCDEFGH	1114.0	AB	63.45	CD	36.41	BCDEF	1	4	2	6
BIF 1	44.7	B	93.7	CDEFG	41.3	EFGHIJK	8.7	BCDEF	3.3	AB	37.3	EFGH	1093.0	AB	72.09	ABCD	45.53	ABC	1	3	2	6
BIF 43	42.7	CD	92.0	DEFG	46.7	ABCDEFGH	9.7	ABCD	3.0	B	51.3	ABCD	1089.7	AB	69.43	ABCD	38.53	ABCDEF	1	4	2	6
BIF 31	43.7	BC	94.7	BCDEF	47.0	ABCDEFGH	8.0	CDEFG	3.3	AB	39.7	BCDEFGH	1080.7	AB	67.54	ABCD	42.18	ABCDE	1	6	3	6
BIF 11	41.7	DE	94.7	BCDEF	44.0	DEFGHIJK	6.3	EFG	4.0	AB	52.0	ABCD	1074.0	AB	75.12	ABCD	37.62	ABCDEF	1	4	2	6+
BIF 37	42.7	CD	95.7	ABCDE	47.3	ABCDEF	6.7	DEFG	3.3	AB	50.0	ABCDEF	1035.3	AB	66.88	BCD	35.39	CDEF	1	4	2	6
BIF 2	42.7	CD	94.7	BCDEF	41.0	EFGHIJK	9.0	ABCDEF	3.3	AB	36.7	FGHI	1025.0	AB	74.66	ABCD	40.23	ABCDEF	1	4	3	7
BIF 12	42.7	CD	94.0	BCDEFG	42.7	EFGHIJK	5.3	G	4.0	AB	51.3	ABCD	849.7	AB	78.58	ABCD	40.28	ABCDEF	1	5	2	7
BIF 41	43.0	CD	90.7	EFG	43.3	DEFGHIJK	7.0	DEFG	3.0	B	45.0	ABCDEFGH	749.3	AB	63.38	CD	36.5	BCDEF	1	4	4	6
BIF 30	46.7	A	98.0	ABC	53.3	A	11.7	AB	3.0	B	43.7	ABCDEFGH	724.7	AB	76.75	ABCD	45.58	ABC	1	3	2	7
BIF 28	43.7	BC	99.0	AB	52.0	ABC	7.7	CDEFG	3.0	B	50.3	ABCDEF	699.7	AB	76.97	ABCD	41.57	ABCDEF	1	6	2	7

BIF 27	43.7	BC	100.7	A	52.3	ABC	8.0	CDEFG	3.0	B	50.3	ABCDEF	581.0	B	84.04	ABC	45.76	ABC	1	4	2	7
BIF 8	44.7	B	96.0	ABCD	53.0	AB	8.3	CDEFG	3.7	AB	34.7	GHI	525.7	B	93.62	A	47.42	A	4	4	1	6
Promedio	43		94		44		8		3		46		1298		71		38					
Significancia	**		**		**		**		**		**		**		**		**					
C V %	1.1		1.6		5.2		12.0		10.3		8.8		27.6		10.7		8.16					
Tukey	1.60		5.18		7.70		3.18		1.20		13.90		1225.7		26.16		10.54					

Cuadro 2. Comparación de concentración de los micro elementos de las líneas BIFs, según campaña agrícola. Santa Cruz, Bolivia.

N°	LÍNEAS	INVIERNO 2005 VALLECITO		VERANO 2006 SAN JUAN DEL POTRERO		INVIERNO 2007 VALLECITO		Promedio de Fe en ppm	Promedio de Zn en ppm
		Fe (ppm)	Zn (ppm)	Fe (ppm)	Zn (ppm)	Fe (ppm)	Zn (ppm)		
1	BIF 8	119.6	46.3	90.3	38.0	93.6	47.4	101.2	43.9
2	BIF 19	96.6	34.4	109.1	34.0	82.7	38.0	96.1	35.5
3	BIF 21	94.3	35.6	107.9	32.9	82.1	38.0	94.8	35.5
4	BIF 29	96.5	39.4	105.0	32.9	81.7	45.3	94.4	39.2
5	BIF 17	92.0	35.1	113.0	34.6	76.4	39.3	93.8	36.3

6	BIF 30	99.8	42.7	101.4	33.0	76.8	45.6	92.7	40.4
7	BIF 28	93.3	44.5	105.7	36.4	77.0	41.6	92.0	40.8
8	BIF 9	99.9	32.4	102.4	33.3	71.2	36.0	91.2	33.9
9	BIF 16	88.4	36.7	104.1	33.1	79.0	38.3	90.5	36.0
10	BIF 27	89.1	43.7	98.2	35.2	84.0	45.8	90.5	41.5
11	BIF 12	93.9	36.7	98.0	32.8	78.6	40.3	90.2	36.6
12	BIF 18	88.2	37.3	99.1	33.7	80.7	39.3	89.3	36.8
13	BIF 3	89.4	40.7	85.2	33.7	90.1	40.7	88.2	38.4
14	BIF 15	83.9	36.8	101.2	33.5	78.7	40.0	87.9	36.8
15	BIF 10	97.4	36.9	97.4	33.6	68.0	36.1	87.6	35.6
16	BIF 33	85.4	36.3	105.7	34.4	71.4	38.6	87.5	36.4
17	BIF 1	101.1	51.8	87.6	33.8	72.1	45.5	86.9	43.7
18	BIF 14	87.9	31.8	106.3	30.6	66.6	34.1	86.9	32.2
19	BIF 7	90.8	35.9	93.8	35.6	74.2	38.1	86.3	36.6
20	BIF 13	85.2	33.3	103.1	32.1	70.2	34.6	86.2	33.3
21	AFR 298	87.2	37.5	93.2	31.9	77.4	39.7	85.9	36.4
22	BIF 45	87.2	39.1	104.8	35.8	65.1	34.8	85.7	36.5
23	BIF 34	87.9	36.8	104.6	33.4	64.4	34.3	85.6	34.8
24	BIF 31	94.5	44.4	94.7	33.6	67.5	42.2	85.6	40.1
25	BIF 5	83.9	38.6	94.5	33.0	78.1	40.6	85.5	37.4
26	BIF 44	90.1	34.7	99.7	33.9	66.2	36.7	85.3	35.1
27	BIF 42	----	----	95.9	33.5	74.8	41.0	85.3	37.3
28	BIF 23	79.7	31.1	98.1	36.1	76.4	38.7	84.7	35.3
29	BIF 4	94.2	41.1	90.5	35.2	68.7	39.6	84.5	38.6
30	BIF 20	80.5	32.6	99.9	32.7	70.4	35.5	83.6	33.6
31	BIF 43	80.2	36.8	100.2	33.6	69.4	38.5	83.3	36.3
32	BIF 2	89.6	45.3	85.3	34.9	74.7	40.2	83.2	40.1
33	BIF 32	82.4	43.1	99.9	35.0	65.7	37.6	82.7	38.6
34	BIF 38	82.5	35.5	99.8	33.3	65.4	34.7	82.6	34.5
35	Radical Cerinza	82.4	37.5	98.3	33.8	65.2	35.5	82.0	35.6
36	BIF 40	83.2	34.0	98.5	33.0	63.9	37.5	81.9	34.8
37	Cal 96	74.5	32.2	91.6	32.8	77.9	34.4	81.4	33.1
38	BIF 22	79.3	34.9	98.2	34.2	66.5	38.5	81.3	35.9
39	BIF 11	76.6	33.5	91.5	32.7	75.1	37.6	81.1	34.6

40	Rojo Oriental (TL)1	76.7	35.9	86.8	30.3	77.1	46.8	80.2	37.6
41	BIF 48	75.7	34.8	94.3	31.9	69.8	31.1	79.9	32.6
42	BIF 59	76.9	37.4	90.7	34.7	70.6	39.3	79.4	37.1
43	BIF 26	76.4	35.1	97.8	34.9	63.5	36.4	79.2	35.5
44	BIF 6	83.1	36.0	87.4	33.2	66.5	34.1	79.0	34.4
45	BIF 25	74.6	33.5	92.4	34.9	69.7	33.8	78.9	34.0
46	BIF 37	74.0	32.9	95.0	33.2	66.9	35.4	78.6	33.8
47	BIF 35	73.7	34.7	88.7	30.6	69.0	33.9	77.1	33.0
48	BIF 63	76.1	38.4	91.0	34.1	64.3	41.4	77.1	38.0
49	BIF 49	72.0	31.7	95.0	33.8	63.1	31.6	76.7	32.3
50	BIF 39	66.8	30.2	85.8	34.4	77.4	37.6	76.7	34.1
51	BIF 41	73.1	35.5	90.1	36.6	63.4	36.5	75.5	36.2
52	BIF 46	73.4	36.8	93.3	34.4	59.6	35.5	75.4	35.5
53	BIF 24	67.2	29.6	84.3	35.0	74.6	36.5	75.4	33.7
54	BIF 61	69.5	35.3	90.5	33.9	64.6	34.9	74.9	34.7
55	BIF 36	71.2	33.3	86.2	31.8	66.6	33.5	74.7	32.8
56	BIF 60	69.9	36.5	85.7	35.4	62.8	36.1	72.8	36.0
57	BIF 47	65.0	32.8	82.0	33.2	67.2	32.4	71.4	32.8
58	BIF 62	63.2	33.3	82.6	34.9	58.9	32.5	68.2	33.6
59	BIF 50	61.3	32.7	84.0	33.4	56.9	31.4	67.4	32.5
60	POA 13 (TL)2	----	----	---	----	56.7	36.9	56.7	36.9
Promedio		83.25	36.61	95.55	33.80	71.29	37.79	83.4	36.1

Cuadro 3. Características morfoagronómicas, sanitarias y nutricionales del vivero de frejol Tipo Rojo. Invierno. Santa Cruz. Bolivia. 2007.

Líneas	Días a floración	Tukey (5%)	Días a cosecha	Tukey (5%)	Altura de planta en cm	Tukey (5%)	N° Vainas por planta	Tukey (5%)	N° Granos por vaina	Tukey (5%)	Peso de 100 semillas (g)	Tukey (5%)	Rendimiento (Kg/ha)	Tukey (5%)	Fe en ppm	Tukey (5%)	Zn en ppm	Tukey (5%)	Enfermedades			Valor agronómico
																			ROY	BAC	OID	
SER 161	45.0	G	94.7	ABCD	50.7	AB	11.3	BCDEF	5.0	AB	27.3	BCDE	1831.3	A	46.7	BCDE	32.7	ABC	1	3	1	5
SER 174	45.7	FG	95.7	AB	47.7	ABC	12.7	ABC	4.0	BCD	30.0	ABCD	1791.0	AB	51.3	ABCDE	37.7	AB	1	3	1	6
SER 91	45.0	G	94.0	ABCDE	53.0	A	11.3	BCDEF	4.7	ABC	28.0	ABCDE	1786.7	AB	45.7	BCDE	33.0	ABC	1	3	1	5
SER 100	45.0	G	91.7	E	44.7	ABCD	11.0	BCDEFG	5.0	AB	28.3	ABCDE	1759.3	ABC	48.0	BCDE	33.0	ABC	1	3	1	5
SER 202	47.7	BCDEF	93.0	BCDE	44.3	ABCD	11.7	BCDE	3.0	D	29.3	ABCDE	1721.7	ABCD	53.3	ABCDE	32.3	ABC	1	3	1	5
SER 164	46.0	EFG	93.7	ABCDE	45.3	ABCD	16.0	A	4.7	ABC	31.3	ABC	1646.3	ABCDE	43.7	CDE	33.0	ABC	1	2	1	6
SER 162	45.0	G	93.0	BCDE	51.0	AB	11.0	BCDEFG	4.7	ABC	28.3	ABCDE	1542.3	ABCDEF	48.0	BCDE	33.3	ABC	1	3	1	6
SER 175	47.0	CDEFG	95.7	AB	49.3	ABC	12.7	ABC	3.7	CD	30.0	ABCD	1492.3	ABCDEF	39.7	E	29.0	BC	1	2	1	6
SER 203	45.0	G	93.7	ABCDE	44.7	ABCD	10.0	BCDEFG	4.0	BCD	28.7	ABCDE	1466.0	ABCDEF	49.0	BCDE	34.3	ABC	1	2	1	6
MIB 441	46.0	EFG	91.7	E	52.3	A	8.3	DEFGHI	5.3	A	26.7	CDEF	1452.3	ABCDEF	60.7	ABCD	36.7	ABC	1	3	1	6
SEA 5	45.0	G	94.7	ABCD	44.7	ABCD	10.0	BCDEFG	5.0	AB	33.3	A	1425.3	ABCDEFG	62.3	ABC	34.7	ABC	1	3	1	6
SER 208	46.7	DEFG	92.7	CDE	46.0	ABCD	8.7	DEFGHI	4.0	BCD	25.7	DEF	1359.0	ABCDEFG	54.7	ABCDE	36.3	ABC	1	3	1	6
SER 122	46.0	EFG	96.0	A	46.0	ABCD	9.0	CDEFGH	4.0	BCD	28.7	ABCDE	1295.7	ABCDEFGH	57.7	ABCDE	38.0	AB	1	2	1	6
SER 16	45.0	G	92.0	DE	40.0	CD	9.0	CDEFGH	4.0	BCD	25.3	DEF	1290.0	ABCDEFGH	63.3	AB	38.3	AB	1	2	1	6
SER 112	45.7	FG	93.7	ABCDE	44.7	ABCD	11.0	BCDEFG	4.3	ABC	31.3	ABC	1267.0	ABCDEFGH	45.3	BCDE	31.3	BC	1	2	1	6
ICTA JU 95 - 13 (TL)	46.7	DEFG	91.7	E	42.0	BCD	11.0	BCDEFG	5.0	AB	21.7	F	1250.7	ABCDEFGH	42.3	DE	27.3	C	1	3	1	6
SER 128	45.0	G	95.7	AB	49.0	ABC	7.7	FGHI	4.0	BCD	28.3	ABCDE	1237.3	ABCDEFGH	54.0	ABCDE	36.0	ABC	1	2	1	6
SER 132	45.7	FG	94.7	ABCD	47.0	ABCD	10.0	BCDEFG	4.0	BCD	29.0	ABCDE	1237.0	ABCDEFGH	54.3	ABCDE	36.3	ABC	1	3	1	6
SER 207	46.0	EFG	95.0	ABC	45.0	ABCD	12.0	BCD	4.0	BCD	29.3	ABCDE	1208.7	ABCDEFGH	56.3	ABCDE	37.7	AB	1	3	1	6
MIB 438	48.7	ABCD	94.0	ABCDE	46.0	ABCD	8.0	EFGHI	5.0	AB	26.0	CDEF	1198.7	BCDEFGH	70.0	A	42.0	A	1	4	1	6
MIB 439	46.0	EFG	93.7	ABCDE	47.7	ABC	13.0	AB	4.7	ABC	25.7	DEF	1186.3	BCDEFGH	57.0	ABCDE	36.7	ABC	1	3	1	6
SER 125	45.7	FG	94.0	ABCDE	43.7	ABCD	8.7	DEFGHI	4.0	BCD	29.0	ABCDE	1178.0	BCDEFGH	50.0	BCDE	34.0	ABC	1	2	1	6
SER 130	46.0	EFG	94.0	ABCDE	45.0	ABCD	7.7	FGHI	4.0	BCD	28.3	ABCDE	1155.3	CDEFGH	53.7	ABCDE	32.7	ABC	1	2	1	6
SER 205	48.0	ABCDE	94.0	ABCDE	47.0	ABCD	12.0	BCD	4.0	BCD	32.3	AB	1112.0	DEFGH	51.7	ABCDE	33.0	ABC	1	3	1	6

MIB 389	46.0	EFG	92.7	CDE	48.7	ABC	8.7	DEFGHI	4.7	ABC	24.3	EF	1096.3	DEFGH	57.7	ABCDE	37.0	ABC	1	3	1	6
RCB 224	45.7	FG	93.0	BCDE	48.0	ABC	7.3	GHI	5.0	AB	26.3	CDEF	1066.7	EFGH	54.3	ABCDE	33.0	ABC	1	3	1	6
SER 131	46.0	EFG	95.7	AB	45.3	ABCD	9.0	CDEFGH	3.0	D	30.7	ABCD	1048.3	EFGH	50.7	BCDE	35.0	ABC	1	2	1	6
SER 67	45.0	G	92.7	CDE	37.3	D	11.0	BCDEFG	5.0	AB	27.7	BCDE	983.7	FGH	62.3	ABC	37.3	ABC	1	4	1	6
RCB 264	49.0	ABC	92.7	CDE	44.0	ABCD	5.7	HI	5.0	AB	26.3	CDEF	967.0	FGH	50.0	BCDE	32.3	ABC	1	4	1	6
RCB 265	49.7	AB	94.0	ABCDE	52.0	A	5.3	HI	4.7	ABC	29.7	ABCDE	817.3	GH	50.7	BCDE	32.0	ABC	1	4	1	7
RCB 266	50.0	A	95.7	AB	47.7	ABC	5.0	I	4.7	ABC	28.3	ABCDE	724.3	H	57.3	ABCDE	33.7	ABC	1	3	1	7
Promedio	46		94		46		10		4		28		1309		53		35					
Significancia	**		**		**		**		**		**		**		**		**					
CV%	1.4		0.9		6.5		11.7		8.4		5.9		14.9		11.3		9.2					

Cuadro 4. Niveles de concentración de Fe y Zn en líneas de fréjol Tipo Rojo Pequeño tolerantes a Sequía. Invierno. Santa Cruz, Bolivia. 2007.

Nº	Líneas	Reiteración I		Reiteración II		Reiteración III		Promedio	
		Fe (ppm)	Zn (ppm)	Fe (ppm)	Zn (ppm)	Fe (ppm)	Zn (ppm)	Fe (ppm)	Zn (ppm)
1	MIB 438	82.16	43.42	64.08	37.46	64.81	46.70	70.35	42.53
2	SER 16	70.48	42.44	48.82	31.71	72.82	42.17	64.04	38.78
3	SEA 5	56.76	36.78	72.36	32.87	59.17	36.27	62.77	35.30
4	SER 67	63.15	38.13	52.25	31.85	72.27	43.04	62.56	37.67
5	MIB 441	60.47	38.12	67.56	39.82	55.97	33.26	61.34	37.07
6	SER 122	59.92	39.78	53.40	33.81	61.73	42.29	58.35	38.63
7	MIB 389	60.94	39.83	57.35	36.05	56.29	36.83	58.19	37.57
8	MIB 439	45.80	36.72	63.66	38.28	63.57	36.31	57.68	37.10
9	RCB 266	61.19	40.07	55.40	31.48	56.18	30.65	57.59	34.07
10	SER 207	55.67	37.08	65.55	37.99	49.72	39.44	56.98	38.17
11	RCB 272	54.31	36.27	51.83	30.77	64.23	37.51	56.79	34.85
12	SER 132	47.87	38.88	62.29	38.94	54.93	33.57	55.03	37.13
13	SER 208	56.37	38.42	52.07	32.84	56.20	39.67	54.88	36.98
14	RCB 224	47.18	31.10	57.29	34.09	59.92	34.34	54.80	33.17
15	SER 128	55.51	37.06	59.27	35.75	48.04	36.65	54.27	36.49
16	SER 130	51.21	32.57	58.00	32.79	52.09	34.06	53.77	33.14
17	SER 202	48.40	35.86	59.28	32.44	53.43	30.38	53.70	32.89
18	SER 205	55.62	32.17	51.54	33.98	49.63	34.92	52.26	33.69
19	SER 174	46.95	36.32	52.61	33.02	56.91	44.34	52.16	37.89
20	SER 131	51.74	37.68	46.99	30.97	55.03	38.71	51.25	35.79
21	RCB 265	48.37	33.70	54.49	31.30	50.40	32.84	51.09	32.62
22	SER 125	46.82	35.36	57.57	34.65	47.27	33.48	50.55	34.50
23	RCB 264	50.33	33.23	51.22	32.92	49.75	32.98	50.43	33.04
24	SER 203	44.26	31.73	53.69	38.02	50.88	34.74	49.61	34.83
25	SER 100	45.73	33.80	46.95	30.77	53.68	36.11	48.79	33.56
26	SER 162	47.13	32.79	52.84	32.94	45.17	36.70	48.38	34.14
27	SER 161	45.91	31.41	44.85	31.13	51.63	36.01	47.46	32.85
28	SER 91	45.16	32.33	46.40	32.74	46.96	35.35	46.17	33.47
29	SER 112	41.24	29.31	51.84	33.31	44.98	32.40	46.02	31.67
30	SER 164	38.73	30.79	49.27	36.99	44.97	33.66	44.32	33.81
31	ICTA JU 15 - 13 (TL)	39.12	26.74	48.03	31.91	40.17	25.79	42.44	28.15
32	SER 175	39.36	30.13	41.69	23.36	39.91	34.63	40.32	29.37
	Promedio	51.99	35.31	54.70	33.65	54.02	36.12	53.57	35.03

Cuadro 5. Características morfoagronómicas, sanitarias y nutricionales del vivero de frejol Tipo Blanco Pequeño tolerantes a sequía. Invierno. Santa Cruz. Bolivia. 2007.

Líneas	Días a floración	Tukey (5%)	Días a cosecha	Tukey (5%)	Altura de planta en cm	Tukey (5%)	N° Vainas por planta	Tukey (5%)	N° Granos por vaina	Tukey (5%)	Peso de 100 semillas (g)	Tukey (5%)	Rendimiento (Kg/ha)	Tukey (5%)	Fe en ppm	Tukey (5%)	Zn en ppm	Tukey (5%)	Enfermedades			Valor agronómico
																			ROY	BAC	OID	
MIB 439 - 1	47.0	BC	94.3	A	41.0	BC	10.3	A	4.7	BC	23.0	ABC	1040.3	A	70.67	A	39.7	A	1	2	1	6
MIB 421	46.3	BCD	92.0	B	40.3	C	9.3	A	5.0	ABC	26.3	AB	939.3	A	66.67	A	38.0	A	1	2	1	5
MIB 435	48.0	AB	91.3	BC	40.7	C	8.0	A	4.3	C	24.3	ABC	918.0	A	70.67	A	35.3	A	1	3	1	6
MIB 427	46.3	BCD	92.0	B	48.7	A	8.3	A	5.7	AB	28.0	A	862.7	A	83.33	A	43.3	A	1	2	1	5
MIB 422	46.0	CD	92.0	B	42.3	BC	7.0	A	6.0	A	20.7	BC	754.7	A	71.33	A	40.3	A	1	3	1	6
MIB 423	46.3	BCD	88.3	D	44.3	ABC	9.0	A	5.0	ABC	20.7	BC	679.0	A	75.67	A	38.3	A	1	4	1	6
MIB 426	45.0	D	90.0	C	46.0	AB	8.0	A	4.0	C	26.7	A	595.7	A	77.67	A	40.3	A	1	3	1	6
BLANCO BERLIN (TL)	49.0	A	94.3	A	44.0	ABC	8.7	A	4.0	C	19.3	C	453.7	A	68.33	A	37.0	A	1	5	1	6
Promedio	47		92		43		9		5		24		780		73		39					
Significancia	**		**		**		ns		**		**		*		ns		*					
C V %	1.4		0.5		4.1		16.4		7.4		8.7		26.2		14.3		12.4					

Cuadro 6. Niveles de concentración de Fe y Zn en líneas de fréjol Tipo Blanco Pequeño tolerantes a Sequía. Invierno. Santa Cruz, Bolivia. 2007.

N°	LINEAS	Reiteración I		Reiteración II		Reiteración III		Promedio	
		Fe (ppm)	Zn (ppm)	Fe (ppm)	Zn (ppm)	Fe (ppm)	Zn (ppm)	Fe (ppm)	Zn (ppm)
1	MIB 427	91.02	49.43	69.13	33.61	90.89	48.94	83.68	44.00
2	MIB 426	71.65	39.31	78.05	44.30	84.28	38.80	77.99	40.80
3	MIB 423	65.65	38.10	80.96	40.63	81.28	37.20	75.96	38.64
4	MIB 422	51.92	37.66	83.64	46.10	80.54	38.27	72.03	40.68
5	MIB 435	79.26	40.27	71.93	31.32	62.62	34.99	71.27	35.53
6	MIB 439 - 1	72.51	40.64	58.18	35.06	82.35	44.66	71.01	40.12
7	BLANCO BERLIN (TL)	64.11	35.16	76.06	38.62	65.91	38.84	68.69	37.54
8	MIB 421	61.72	42.78	67.75	34.38	72.15	38.59	67.20	38.58
	Promedio	69.73	40.42	73.21	38.00	77.50	40.04	73.48	39.49

Cuadro 7. Características morfoagronómicas, sanitarias y nutricionales del vivero de frejol Tipo Negro Pequeño tolerantes a sequía. Invierno. Santa Cruz. Bolivia. 2007.

Tratamientos	Días a floración	Tukey (5%)	Días a cosecha	Tukey (5%)	Altura de planta en cm	Tukey (5%)	N° Vainas por planta	Tukey (5%)	N° Granos por vaina	Tukey (5%)	Peso de 100 semillas (g)	Tukey (5%)	Rendimiento (Kg/ha)	Tukey (5%)	Fe en ppm	Tukey (5%)	Zn en ppm	Tukey (5%)	Enfermedades			Valor agronómico
																			ROY	BAC	OID	
NCB 275	45.7	B	92.7	AB	62.0	A	13	A	5.0	A	27.0	CD	1774.3	A	58.0	A	36.33	A	1	2	2	6
NCB 227	46.7	B	92.7	AB	52.0	AB	11	AB	4.3	A	30.7	A	1689.7	A	65.3	A	37.33	A	1	2	2	5
SEN 46	46.0	B	90.0	BC	38.0	CDE	8.333	BCD	5.0	A	28.3	ABC	1534.0	A	64.7	A	41.33	A	1	2	2	6
SEN 63	45.0	B	91.0	ABC	33.3	DE	6.667	D	4.3	A	25.7	D	1494.3	A	64.7	A	35.67	A	1	2	1	5
SEN 48	45.7	B	91.7	ABC	45.3	BC	10	BC	5.0	A	26.3	CD	1425.7	A	55.3	A	37	A	1	3	1	5
TB 94 - 01 (TL)	50.0	A	94.0	A	42.7	BCD	7	D	4.3	A	28.0	BCD	1279.3	A	54.0	A	33.67	A	1	3	1	6
SEN 47	45.0	B	88.7	C	30.3	E	6.333	D	4.3	A	30.0	AB	1111.3	A	54.0	A	32.33	A	1	2	2	6
MIB 390	50.0	A	92.7	AB	41.0	BCDE	7.667	CD	4.3	A	28.7	ABC	784.7	A	54.0	A	32.33	A	1	3	1	6
Promedio	47		92		43		9		5		28		1387		59		36					
Significancia	**		**		**		**		*		**		*		ns		ns					
C V %	1.4		1.4		9.3		11.7		9.7		3.2		24.9		11.8		13.5					

Cuadro 8. Niveles de concentración de Fe y Zn en líneas de fréjol Tipo Negro Pequeño tolerantes a Sequía. Invierno. Santa Cruz, Bolivia. 2007.

N°	LINEAS	Reiteración I		Reiteración II		Reiteración III		Promedio	
		Fe (ppm)	Zn (ppm)	Fe (ppm)	Zn (ppm)	Fe (ppm)	Zn (ppm)	Fe (ppm)	Zn (ppm)
1	NCB 227	75.20	43.21	57.99	31.80	63.38	38.31	65.52	37.77
2	SEN 63	56.06	33.02	67.83	40.35	71.79	34.68	65.23	36.02
3	SEN 46	62.15	39.67	66.52	45.07	66.11	40.61	64.92	41.78
4	NCB 275	65.41	41.37	61.03	37.21	48.82	31.37	58.42	36.65
5	SEN 48	58.06	39.05	49.94	31.58	59.85	41.07	55.95	37.23
6	MIB 390	51.96	32.32	51.92	34.79	59.78	31.80	54.55	32.97
7	TEB 94 - 01 (TL)	50.46	30.43	50.16	30.44	62.91	41.34	54.51	34.07
8	SEN 47	45.98	32.52	56.32	35.61	60.72	30.67	54.34	32.93
	Promedio	58.16	36.45	57.71	35.85	61.67	36.23	59.18	36.18

Cuadro 9. Características morfoagronómicas, sanitarias y nutricionales del Vivero de Altos Minerales (VAM). Invierno. Santa Cruz. Bolivia. 2007.

Líneas	Días a Floración		Días a Cosecha		Altura de planta en cm		N° vainas por planta		N° de granos por vaina		Peso de 100 semillas (g)		Rendimiento en (Kg/ha)		Fe en ppm		Zn en ppm		Enfermedades			Valor agronómico
																			ROY	BAC	OID	
MDSF 14744 - 15	48.3	AB	93.3	CD	57.3	ABCDEF	16.7	A	4.7	AB	27.7	BCDEFG	2644.0	A	65	A	39.33	A	1	3	1	6
MIB 385 - 1 BLANCO	48.0	ABC	94.3	BCD	61.3	ABC	15.0	ABCD	5.0	A	25.3	BCDEFGHI	2272.7	AB	84.67	A	39	A	3	3	1	6
MIB 444	49.0	A	96.3	ABC	45.0	FGHIJKLM	13.0	ABCDEFGHI	4.7	AB	25.7	BCDEFGH	2155.7	ABC	87.33	A	47	A	1	3	1	6
SEL DE MIB 219	47.0	ABCDE	95.0	ABCD	45.0	FGHIJKLM	10.0	CDEFGHIJKL	5.0	A	25.0	BCDEFGHI	2138.0	ABC	78.67	A	40.33	A	4	4	1	6
INB 36	47.0	ABCDE	96.0	BC	56.7	ABCDEF	14.0	ABCDEF	5.0	A	21.3	EFGHI	2028.7	ABCD	86	A	47.67	A	3	3	1	6
MIB 464	47.0	ABCDE	95.0	ABCD	48.7	CDEFGHIJK	12.3	ABCDEFGHIJ	4.0	ABCD	23.3	CDEFGHI	1950.0	ABCDE	82.67	A	45.67	A	2	3	1	5
MIB 428	47.3	ABCD	93.3	CD	50.0	CDEFGHIJK	14.7	ABCDE	5.0	A	24.0	BCDEFGHI	1854.7	BCDE	63.33	A	33	A	3	4	1	6
SEL DE MIB 218	48.0	ABC	96.3	ABC	58.0	ABCDE	13.0	ABCDEFGHI	4.7	AB	22.0	DEFGHI	1799.3	BCDEF	79	A	43.33	A	5	4	1	6
MIB 217	49.0	A	93.0	CD	64.0	AB	14.0	ABCDEF	4.7	AB	19.7	FGHI	1700.3	BCDEFG	88.33	A	45.33	A	4	3	1	6
DOR 500	48.0	ABC	96.3	ABC	57.3	ABCDEF	12.3	ABCDEFGHIJ	4.3	ABC	21.3	EFGHI	1671.0	BCDEFGH	68.33	A	36.33	A	4	3	1	6
MIB 154	46.3	BCDE	92.3	D	56.0	ABCDEFG	14.0	ABCDEF	4.0	ABCD	16.3	I	1655.3	BCDEFGHI	84	A	46.67	A	1	4	1	6
MIB 396	46.3	BCDE	94.0	BCD	49.0	CDEFGHIJK	13.0	ABCDEFGHI	4.3	ABC	25.7	BCDEFGH	1560.3	BCDEFGHI	82	A	46	A	1	6	1	6
MIB 384	48.3	AB	95.0	ABCD	50.3	CDEFGHIJK	11.0	ABCDEFGHIJKL	4.3	ABC	26.3	BCDEFG	1524.3	BCDEFGHIJ	67.67	A	44.33	A	1	3	1	5
MIB 385	46.0	CDEF	96.0	ABC	49.0	CDEFGHIJK	12.7	ABCDEFGHIJ	4.0	ABCD	16.7	HI	1471.3	CDEFGHIJK	78.33	A	45	A	1	4	1	6
INB 35	48.0	ABC	96.3	ABC	51.7	BCDEFGHIJ	12.0	ABCDEFGHIJK	4.7	AB	22.3	DEFGHI	1445.3	CDEFGHIJKL	95	A	44	A	1	4	1	6
MDSF 14734 - 31	47.3	ABCD	96.3	ABC	52.7	ABCDEFGHI	9.3	DEFGHIJKL	5.0	A	27.7	BCDEFG	1380.3	CDEFGHIJKLM	69	A	42.33	A	2	3	1	5
MIB 431	48.0	ABC	96.0	ABC	41.7	HIJKLM	11.7	ABCDEFGHIJKL	4.0	ABCD	24.3	BCDEFGHI	1377.0	CDEFGHIJKLM	69	A	39.67	A	1	3	1	6
DICTA 17	48.3	AB	97.0	AB	49.0	CDEFGHIJK	8.7	FGHIJKL	4.0	ABCD	33.0	B	1356.7	DEFGHIJKLM	74.67	A	39	A	1	3	1	6
MIB 421	47.0	ABCDE	94.3	BCD	40.0	IJKLM	9.0	EFGHIJKL	4.3	ABC	26.7	BCDEFG	1291.3	DEFGHIJKLMN	73.67	A	46.67	A	1	3	1	6
MIB 397	47.3	ABCD	97.0	AB	55.7	ABCDEFG	15.0	ABCD	4.0	ABCD	24.3	BCDEFGHI	1285.0	DEFGHIJKLMN	62.33	A	42.33	A	1	5	1	6
MIB 389	47.0	ABCDE	96.3	ABC	47.0	DEFGHIJKL	7.7	HIJKL	4.0	ABCD	25.0	BCDEFGHI	1271.0	DEFGHIJKLMN	65.67	A	43.67	A	1	3	1	6
MIB 432	47.0	ABCDE	92.3	D	35.3	LM	9.0	EFGHIJKL	4.0	ABCD	21.3	EFGHI	1237.0	EFGHIJKLMNO	84	A	46.67	A	3	4	1	6

MIB 431 - 1 BLANCO	48.3	AB	96.3	ABC	56.0	ABCDEFGF	13.3	ABCDEFGH	3.7	BCDE	25.0	BCDEFGH	1236.0	EFGHIJKLMNO	73.33	A	42.67	A	1	3	1	6
SEL DE MIB 222 MARRON	48.3	AB	97.3	AB	43.3	GHIJKLM	15.7	ABC	4.3	ABC	27.0	BCDEFG	1230.7	EFGHIJKLMNPO	66.67	A	37.33	A	2	4	1	6
CAL 96	45.3	DEF	95.0	ABCD	38.3	KLM	8.0	GHIJKL	3.7	BCDE	51.3	A	1211.7	EFGHIJKLMNPO	64.67	A	38.33	A	1	5	4	6
MIB 213	47.0	ABCDE	97.3	AB	38.0	KLM	8.0	GHIJKL	4.0	ABCD	26.0	BCDEFG	1206.3	EFGHIJKLMNPO	68.33	A	40	A	4	4	1	6
G 23818 B	47.3	ABCD	97.0	AB	46.0	EFGHIJKLM	16.0	AB	4.0	ABCD	21.0	EFGHI	1203.7	EFGHIJKLMNPO	63	A	39	A	3	4	1	6
NUA 4	45.0	EF	94.3	BCD	34.7	LM	7.0	JKL	3.3	CDE	50.3	A	1069.7	FGHIJKLMNOPO	63.33	A	40	A	1	5	2	6
MIB 427	48.0	ABC	96.3	ABC	59.7	ABCD	10.7	BCDEFGHIJKL	4.7	AB	28.7	BCDEF	1058.0	FGHIJKLMNOPO	71.33	A	39.33	A	1	3	1	6
MIB 426	48.3	AB	98.0	A	56.0	ABCDEFGF	10.0	CDEFGHIJKL	4.0	ABCD	30.0	BCDE	1057.0	FGHIJKLMNOPO	77.33	A	41.33	A	1	3	1	6
NUA 56	46.0	CDEF	98.3	A	63.7	AB	11.0	ABCDEFGHijkl	3.7	BCDE	44.3	A	975.3	GHIJKLMNPOQR	68.67	A	40	A	1	3	1	6
FEB 226	47.0	ABCDE	97.0	AB	53.0	ABCDEFGH	16.0	AB	4.0	ABCD	29.3	BCDE	905.7	HIJKLMNPOQR	84	A	48	A	2	3	1	6
SEL DE MIB 216	46.0	CDEF	98.0	A	43.7	GHIJKLM	9.0	EFGHIJKL	2.7	E	32.3	BC	884.7	IJKLMNPOQR	74	A	43.67	A	1	3	11	6
MIB 151	47.0	ABCDE	97.3	AB	58.3	ABCDE	15.0	ABCD	3.7	BCDE	19.0	GHI	767.7	JKLMNPOQR	66	A	38.67	A	1	3	1	6
MIB 392	47.0	ABCDE	95.0	ABCD	35.7	LM	6.3	KL	3.0	DE	24.0	BCDEFGHI	752.0	JKLMNPOQR	74.33	A	45.33	A	1	3	1	6
MIB 391	48.3	AB	96.3	ABC	40.0	IJKLM	16.0	AB	4.7	AB	20.0	FGHI	738.3	KLMNPOQR	86.33	A	50.67	A	1	3	1	6
SEL DE MIB 152	46.0	CDEF	97.0	AB	49.0	CDEFGHIJK	13.7	ABCDEFGF	4.0	ABCD	16.7	HI	674.7	LMNOPQR	75.33	A	40	A	9	3	1	8
MIB 395	47.0	ABCDE	94.3	BCD	34.0	M	6.0	L	4.0	ABCD	24.7	BCDEFGHI	647.7	MNOPQR	82	A	47	A	1	4	1	6
NUA 35	44.0	F	96.3	ABC	41.7	HIJKLM	7.0	JKL	3.0	DE	48.7	A	618.7	MNOPQR	81.33	A	48.33	A	1	6	1	7
SEL DE MIB 214	48.0	ABC	97.3	AB	41.0	HIJKLM	11.0	ABCDEFGHijkl	3.0	DE	29.3	BCDE	617.7	MNOPQR	77	A	44.67	A	4	4	1	7
SEL MIB 214	47.0	ABCDE	97.0	AB	39.0	JKLM	8.7	FGHIJKL	3.0	DE	26.3	BCDEFG	604.7	MNOPQR	74	A	40	A	3	4	2	6
G 23834 E	46.3	BCDE	97.3	AB	65.0	A	8.7	FGHIJKL	4.0	ABCD	30.7	BCD	551.7	NOPQR	84	A	48	A	1	3	1	7
SEL DE MIB 215	47.0	ABCDE	98.0	A	65.0	A	14.7	ABCDE	3.0	DE	25.7	BCDEFGH	490.0	OPQR	81	A	44.67	A	2	2	1	7
NUA 59	46.3	BCDE	98.0	A	49.7	CDEFGHIJK	7.3	IJKL	3.0	DE	43.7	A	455.0	PQR	92.33	A	47.33	A	3	4	1	6
MIB 465	47.0	ABCDE	94.3	BCD	43.7	GHIJKLM	11.0	ABCDEFGHijkl	4.0	ABCD	23.7	CDEFGHI	408.7	QR	65	A	37.67	A	3	3	1	7
SEL DE MIB 153	46.0	CDEF	94.3	BCD	49.3	CDEFGHIJK	8.0	GHIJKL	3.0	DE	21.0	EFGHI	408.3	QR	58.33	A	39	A	4	5	1	7
MIB 466	47.3	ABCD	98.0	A	58.0	ABCDE	10.7	BCDEFGHIJKL	3.0	DE	26.0	BCDEFG	258.3	R	73.33	A	46	A	6	3	1	7
Promedio	47		96		49		11		4		27		1215		75		43					
Significancia	**		**		**		**		**		**		**		ns		ns					
C V %	1.4		1.1		7.7		15.0		9.2		10.3		19.2		17.1		12.7					
Tukey	2.12		3.50		12.70		5.71		1.22		9.31		779.00		43.11		18.2					

Cuadro 10. Comparación de concentración de los micro elementos del Vivero de Altos Minerales (VAM), según campaña agrícola. Santa Cruz, Bolivia. 2008.

Nº	LÍNEAS	INVIERNO 2006 VALLECITO		INVIERNO 2007 VALLECITO		Promedio de Fe en ppm	Promedio de Zn en ppm
		Fe (ppm)	Zn (ppm)	Fe (ppm)	Zn (ppm)		
1	DICTA 17	130.43	62.09	75.2	39.6	102.8	50.8
2	MAHARAGI SOJA	131.95	46.51	71.9	43.7	101.9	45.1
3	INB 35	99.14	55.66	95.7	44.7	97.4	50.2
4	MIB 395	109.52	47.20	82.5	47.6	96.0	47.4
5	MIB 158	111.37	50.87	76.8	44.7	94.1	47.8
6	MIB 464	108.32	47.94	79.5	44.0	93.9	46.0
7	Sel de MIB 214	108.57	52.89	77.4	45.0	93.0	48.9
8	NUA 59	----	----	92.9	47.8	92.9	47.8
9	Sel de MIB 214	109.89	50.37	74.6	40.7	92.3	45.5
10	Sel de MIB 219	88.93	39.86	89.2	45.6	89.1	42.7
11	MIB 385	99.02	48.31	78.9	45.7	89.0	47.0
12	Cal 96 (TL)	112.59	46.35	65.3	39.0	88.9	42.7
13	MIB 466	103.67	48.63	73.8	46.5	88.7	47.6
14	G23834 E	91.78	48.17	84.7	48.5	88.3	48.3
15	MIB 426	98.21	45.36	77.6	41.8	87.9	43.6
16	MDSF 14744 -15	94.62	43.34	79.4	40.7	87.0	42.0
17	MIB 428	89.95	45.23	83.2	46.2	86.6	45.7
18	INB 36	103.43	53.68	69.2	36.8	86.3	45.2
19	MIB 154	107.51	52.38	63.2	39.4	85.3	45.9
20	MIB 396	87.64	41.53	82.6	46.6	85.1	44.0
21	MIB 384	81.85	42.16	86.7	51.3	84.3	46.7
22	Sel MIB 216	94.03	46.39	74.5	44.2	84.3	45.3
23	G23818 B	80.14	45.94	87.6	47.4	83.9	46.7
24	FEB 226	83.34	39.94	84.4	48.7	83.8	44.3
25	NUA 4	103.59	41.61	64.0	40.4	83.8	41.0
26	MIB 213	98.20	49.48	69.0	40.4	83.6	44.9
27	MIB 432	82.54	48.70	84.5	47.4	83.5	48.0
28	NUA 35	84.78	36.76	81.7	48.7	83.3	42.7

29	MIB 421	88.82	46.07	74.1	47.0	81.5	46.5
30	NUA 56	74.30	41.16	86.6	48.3	80.5	44.7
31	Sel de MIB 215	79.13	43.16	81.5	45.0	80.3	44.1
32	MIB 392	83.75	44.78	74.8	45.7	79.3	45.2
33	MDSF 14734-31	88.86	50.19	69.3	43.0	79.1	46.6
34	Sel de MIB 153	72.46	33.52	84.3	47.4	78.4	40.4
35	SEL DE MIB 222 NEGRO	94.08	46.04	62.5	42.9	78.3	44.4
36	MIB 465	90.65	43.93	65.5	38.2	78.1	41.1
37	Sel de MIB 222 MARRON	79.79	42.72	75.8	40.3	77.8	41.5
38	DOR 500	69.86	41.29	85.2	39.4	77.5	40.4
39	MIB 427	79.19	37.15	72.0	39.7	75.6	38.4
40	MIB 391	91.85	44.62	58.6	39.6	75.2	42.1
41	MIB 217	86.43	45.88	63.9	33.9	75.1	39.9
42	MIB 431	80.04	48.12	69.5	40.1	74.8	44.1
43	MIB 431 – 1 BLANCO	----	----	73.7	43.2	73.7	43.2
44	Sel de MIB 218	79.75	42.56	67.3	38.0	73.5	40.3
45	MIB 389	79.10	42.49	66.2	44.3	72.6	43.4
46	MIB 444	76.26	40.74	68.9	40.5	72.6	40.6
47	MIB 397	76.21	42.40	68.4	45.0	72.3	43.7
48	MIB 152	72.09	35.93	----	----	72.1	35.9
49	MIB 151	71.69	32.83	65.3	39.9	68.5	36.4
50	MIB 385 – 1 BLANCO	----	----	66.4	39.3	66.4	39.3
51	G 23823 E	64.60	31.99	----	----	64.6	32.0
Promedio		91.12	44.89	75.63	43.33	83.4	44.1

“MEJORAMIENTO DE LA NUTRICIÓN HUMANA EN COMUNIDADES POBRES DE AMÉRICA LATINA UTILIZANDO MAÍZ (QPM) Y FRÍJOL COMÚN BIOFORTIFICADO CON MICRONUTRIENTES”

Gracia B, Aguilar C, Mosquera E, Araujo C, Blair M, Restrepo J, Pradilla A.

Resumen:

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de complementos nutricionales y alimentos de alta densidad nutricional (biofortificados), sobre el crecimiento y los niveles de nutrientes de una población infantil de nivel socio económico bajo y medio bajo. Este proyecto lo desarrolló el Grupo de Nutrición de la Universidad del Valle, conjuntamente con CIAT, FIDAR y el Instituto Nacional de Salud (INS).

Se seleccionaron 3 grupos de niños. Al grupo 1 se le suministró complemento vitamínico y de micronutrientes. Al grupo 2 se le dieron preparaciones de maíz de alta calidad proteica (QPM) y de frijol de alta densidad en Fe y Zn. Al grupo 3, se le proporcionaron preparaciones de maíz y frijol comunes.

Todos los grupos presentaron adecuaciones promedio superiores al 100% en la mayoría de los nutrientes incluyendo los que estaban directamente relacionados con el estudio como son el hierro, el zinc y el ácido fólico. En el caso de la Vitamina B6 y de la Niacina, todos los grupos experimentales mostraron adecuaciones por debajo del 100%.

Se encontraron niveles mayores de hemoglobina al inicio del estudio con respecto a la toma final en el grupo total y en los grupos biofortificado y con complemento. En todos los grupos, excepto en el control, se encontraron niveles menores de hematocrito al inicio del estudio con respecto al final y para el caso de ferritina, se observaron niveles mayores al inicio del estudio con respecto a la toma final, tanto para el grupo total, como para el control y el suplementado.

Se encontró un 20% de niños con anemia al inicio del estudio, porcentaje que aumentó sus niveles de hemoglobina al final de la intervención. A propósito de este aumento, se alcanzaron valores “normales” de hemoglobina (12,1 g/dL), tanto en el grupo suplementado como en el biofortificado. Este resultado podría indicar que la biofortificación puede servir para mejorar los niveles de hemoglobina en una población con deficiencia, pero dejando claro que se deben realizar más estudios para determinar el posible efecto a largo plazo.

Al ajustar las medidas de talla y peso por edad y compararlas con la población de referencia se encontró inicialmente que la población total presentaba un puntaje Z talla/edad ligeramente desviado a la izquierda y el grupo de mayor talla inicial fue el que recibiría frijol y maíz biofortificado y el de menor talla sería el grupo control. Durante todo el estudio, el puntaje Z talla/edad se mantuvo similar al de la población de referencia con una ligera desviación a la izquierda y el grupo del complemento mostró una ligera mejoría, dato que no fue significativo estadísticamente. No se encontraron diferencias estadísticas entre los grupos experimentales durante el estudio ni tampoco se encontraron diferencias entre las tomas durante el estudio.

En las pruebas antropométricas y bioquímicas se encontraron algunas diferencias entre el grupo biofortificado con respecto a los otros dos grupos; sin embargo, estas diferencias no fueron significativas, resultado que puede ser explicado en parte, porque la población de estudio se encontraba en un buen estado nutricional, como se evidenció en la valoración antropométrica, bioquímica y en el análisis de la dieta usual. La razón mencionada para la carencia de datos significativos a este respecto se suma a las dificultades de mantener las concentraciones necesarias de nutrientes en el frijol biofortificado durante el estudio, puesto que las diferencias en los niveles de hierro entre el frijol corriente y el biofortificado fueron más o menos de 20 ppm. Esta discrepancia se debe a que en el caso de los cultivos las diferencias en los suelos y en las condiciones climáticas afectaban las concentraciones obtenidas en el producto final. Adicionalmente, este tipo de producto biológico (semillas) se encuentra todavía en etapas de evaluación, estabilización y estandarización de cultivos lo que explica las variaciones de composición entre los diferentes lotes de semilla.

La utilización de alimentos biofortificados como fuentes adicionales de nutrientes en la dieta ha sido propuesta como una de las alternativas para mejorar el estado nutricional de la población y

se ha convertido en una política de salud pública en países de bajos ingresos para prevenir las deficiencias de micronutrientes como la vitamina A, el hierro y el zinc. Este estudio muestra una primera valoración del uso de este tipo de alimentos con resultados iniciales en población con un buen estado nutricional; vale la pena la valoración de este tipo de productos en población desnutrida para mirar su efecto en situaciones de déficit.

Se concluye, que en general la alimentación de los niños de los jardines que participaron en el estudio era suficiente en cantidad y con una adecuada distribución de las kilocalorías, razón que sumada a las buenas condiciones locativas y de atención que se tiene en estas instituciones han permitido que los niños se encuentren en buen estado nutricional según lo muestra su valoración antropométrica. Es importante efectuar estudios en poblaciones con signos de desnutrición y cuya dieta incluya un consumo elevado de frijol y maíz.

INTRODUCCION.

Las deficiencias de nutrientes pueden ser ocasionadas por dietas poco variadas o por enfermedades que disminuyen apetito y alteran el metabolismo. En este proceso actúan conjuntamente hormonas y factores de crecimiento en vías cuyas enzimas requieren de la presencia de vitaminas y minerales indispensables para la diferenciación celular y para el desarrollo del individuo¹. Las manifestaciones clínicas de deficiencias son relativamente tardías y se presentan cuando ellas son severas. Las deficiencias de micronutrientes y energía pueden producir retraso en el crecimiento, cambios de conducta y algunas enfermedades, pero su diagnóstico y asignación a un micronutriente específico es muy complejo debido a las múltiples interacciones metabólicas que existe entre estas sustancias; desde la vida intrauterina en el humano la disponibilidad adecuada de nutrientes^{2,3} es una condición para el crecimiento. Exceso y déficit en el consumo de nutrientes pueden producir malformaciones y reprogramación de funciones cuyas consecuencias solo se podrán detectar mas tarde.

Por otro lado, el diagnóstico de las deficiencias individuales se basa en la utilización de puntos de corte obtenidos de estudios poblacionales que no presentan buena sensibilidad y especificidad y no dan información real de estados de deficiencia. Adicionalmente, en los resultados preliminares de un estudio de cohortes doble ciego realizado por este mismo Grupo de la Universidad del Valle, en el cual se suministró a 2 grupos de niños un complemento de vitaminas y minerales con y sin Zn, se registró un mayor aumento en la velocidad de crecimiento de los niños que recibieron zinc, pero todos aumentaron su crecimiento (4). Esto indica que un mayor porcentaje de la población presentaba deficiencias que no eran identificadas utilizando puntos de cortes, por lo cual respondieron a la complementación con otros micronutrientes.

Una de las principales y más económicas fuentes alimentarias de estos micronutrientes son las leguminosas cuyo consumo es ampliamente generalizado en el país y las cuales presentan un buen contenido de hierro (Fe >50 ppm) y otros micronutrientes esenciales comparadas con los cereales (Fe >10ppm) y a diferencia de muchos cereales que son refinados antes de su consumo, los frijoles y otras leguminosas de grano, son usualmente consumidas enteras conservando su contenido nutricional, además la contribución de proteína de las leguminosas de grano es una importante fuente primaria en las dietas de la población pobre urbana y rural en Colombia. El Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) en Colombia, ha identificado líneas de frijol con mayor contenido en Fe, Zn y Ca y que mantienen sus aminoácidos azufrados. En esta investigación se utilizaron estas variedades para determinar el mejoramiento del estado nutricional por medio de su inclusión en la dieta. El cultivo de la semilla suministrada por el CIAT estuvo bajo la coordinación de la Fundación para la Investigación y Desarrollo Agrícola (FIDAR).

El objetivo de esta investigación fue la evaluación del efecto de alimentos biofortificados o complementos nutricionales en el crecimiento, niveles de nutrientes y manifestaciones clínicas, en una población infantil de nivel socio económico bajo y medio bajo. El resultado servirá de base para la ejecución de programas educativos y de complementación.

METODOS

Tipo y diseño del estudio: Ensayo clínico y cuasi experimental. Por razones logísticas de la alimentación en las guarderías, no fue posible efectuar ensayo doble ciego.

Población y muestra: Escolares y preescolares de ingresos bajos, edades entre 24 y 71 meses de nacidos, aparentemente sanos.

Población experimental: Niños entre 2 y 5 años de edad (este periodo tienen una velocidad de crecimiento casi constante), de ambos géneros, que asistían a guarderías y jardines infantiles asistidos por el Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF), de clase socioeconómica baja en la ciudad de Cali.

Criterios de exclusión: Defectos congénitos, enfermedades crónicas, historia de problemas de alimentación, rechazo de padres para participar.

Tamaño de muestra: Con precisión del 95%. Estimando una prevalencia de 6% de talla baja (ICBF-ENSIN-2005) y alrededor de 15% con hemoglobina baja. Las variables de talla y hemoglobina tienen 5% de desviación estándar. Esto implica que entre 12 y 17% de este grupo ha tenido o tiene manifestaciones de deficiencias físicas o bioquímicas.

Definición: p_1 = % por debajo de - 2 D.E. en la población de estudio. P_2 % normal por debajo de - 2 D.E. 95% de seguridad y 90% de poder

$$n = \frac{[Z\alpha\sqrt{2p(1-p)} + Z\beta\sqrt{p_1(1-p_1) + p_2(1-p_2)}]^2}{(p_1 - p_2)^2}$$
$$\frac{[1.96\sqrt{2 \times 0.078 \times 0.922} + 1.282\sqrt{(.20 \times 0.8) + (.025 \times 0.975)}]^2}{(.2 - .025)^2} = 120$$

Son **120** casos en cada grupo de la cohorte y se aumentó en un 20% teniendo en cuenta las deserciones durante el estudio, (se ha observado esto en estudios anteriores realizados por este mismo grupo también en jardines infantiles), y se tomaron **430** niños inicialmente que se separaron aleatoriamente en tres grupos para la fase de intervención o experimental.

Diseño experimental: De guarderías asistidas por el Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF) ubicadas en barrios de estrato 1, 2 y 3 se seleccionaron niños elegibles cuyos padres aceptaron participación en el estudio. Todos los niños de las Guarderías seleccionadas fueron observados por un periodo de 6 meses sin ninguna intervención (fase de observación). Al inicio se determinó el estado de salud (examen médico), se aplicó una encuesta recordatoria de 24 horas a las madres y se pesó la alimentación que consumían en el jardín, para conocer la ingesta usual de los niños. Se les efectuó valoración antropométrica de peso y talla, en 3 ocasiones: al inicio del estudio, a los 3 meses y a los 6 meses (final de la fase de observación).

Al final de este último periodo las guarderías se dividieron en forma aleatoria en tres grupos: Grupo 1 (complemento): recibió complemento nutricional en medicamento (una cucharadita 1 vez a la semana que equivalía 10 mg de Fe adicional) en igual cantidad a la que recibió el grupo experimental. Grupo 2 (biofortificado): Inclusión en la dieta de frijón de alta densidad mineral y maíz de alta calidad proteica dos porciones semanales entre 50 a 60 gramos (dependiendo de la edad del niño) que suplían 32% de recomendaciones de hierro y 3.8% de Zinc, Grupo 3 (control): Inclusión en la dieta de frijón y maíz común dos porciones semanales entre 50 a 60 gramos cada una.

Se continuó el seguimiento con medidas de peso y talla trimestralmente por un periodo de 6 meses. Se tomó muestra de sangre para las mediciones bioquímicas al inicio de la fase experimental y al final de la observación.

En las guarderías participantes se realizó capacitación en diferentes preparaciones de los productos para mejor aceptación y se proporcionaron recetas estandarizadas de acuerdo a la cantidad que deberían preparar en cada jardín acorde con la cantidad de niños y personas que consumían alimentos en cada institución. Los productos biofortificados fueron desarrollados por el CIAT (frijol variedades NUA 45 y NUA 35) y por el CIMMYT (maíz Híbrido QPM (CML 273Q x CML 264Q) CML 491); los materiales utilizados como control fueron obtenidos comercialmente (maíz Híbrido comercial DK 777) o de semillas de frijón desarrollado por CIAT (Variedad CAL 96) estas semillas fueron multiplicadas y evaluadas en el campo por FIDAR en diferentes zonas agroecológicas y evaluadas en laboratorio (determinación de concentraciones de nutrientes) por el CIAT. En la tabla No. 1 se pueden observar las concentraciones de minerales en los materiales entregados a las guarderías; el producto que se entregaba tenía en cuenta el

total de personal que consumía alimentos en la institución; independientemente de que participaran en el estudio..

Tabla No. 1 Contenido de hierro y zinc de materiales entregados a las guarderías

ENTREGA	PRODUCTO	CANTIDAD (Kg)	SITIO DE SIEMBRA	Hierro (ppm)	Zinc (ppm)
I	BIOFORTIFICADO (NUA 45)	100	Yacuanquer	102,07	35,18
	CONTROL (CAL 96)	100	Pescador	57,29	31,95
II	BIOFORTIFICADO (NUA 45)	40	Yacuanquer	102,07	35,18
	BIOFORTIFICADO (NUA 35)	60	Consaca	80,65	32,35
	CONTROL (CAL 96)	100	Pescador	57,29	31,95
III	BIOFORTIFICADO (NUA 45)	50	Yacuanquer	102,07	35,18
	BIOFORTIFICADO (NUA 35)	50	Consaca	80,65	32,35
	CONTROL (CAL 96)	100	Pescador	57,29	31,95
IV	BIOFORTIFICADO (NUA 45)	97	Pescador	67,30	27,31
	CONTROL (CAL 96)	100	Yotoco	63,47	29,85
V	BIOFORTIFICADO (NUA 35)	30	Pescador	82,10	35,03
	CONTROL (CAL 96)	30	Yotoco	63,47	29,85
VI	BIOFORTIFICADO (NUA 35)	90	Pescador	82,10	35,03
	CONTROL (CAL 96)	90	Yotoco	63,47	29,85
VII	BIOFORTIFICADO (NUA 35)	55	Darien	66,30	29,37
	CONTROL (CAL 96)	50	Pescador	57,29	29,85
VIII	BIOFORTIFICADO (NUA 35)	50	Darien	66,30	29,37
	CONTROL (CAL 96)	50	Pescador	57,29	29,85

Mediciones realizadas:

Previo a la toma de medidas se hizo estandarización de técnicas e instrumentos y entrenamiento al equipo de trabajo ⁽⁵⁾.

Historia clínica: Se realizó historia clínica con fecha de nacimiento, estrato de vivienda, medidas corporales de los padres.

Antropometría: Se tomaron las siguientes mediciones: Talla total: en cm y un decimal con tallímetros de madera transportables de sensibilidad 0.5 cms; peso: en kg y un decimal con balanzas de pie, capacidad 120 kg. y sensibilidad de 0.5 kilogramos.

Adecuación de energía y nutrientes: Se evaluó el consumo de alimentos usual de los niños como fuentes de nutrientes ⁽⁶⁾. Con una previa validación del cuestionario que se aplicó.

Muestras de Laboratorio: Se tomaron muestras de sangre en ayuno al inicio y al final de la fase de intervención para determinar concentraciones de hemoglobina con equipo HemoCue®, y determinación de cuadro hemático y Hb en equipo automatizado Abacus ®. Las muestras de sangre fueron transportadas a -20° C y centrifugadas; el plasma se mantuvo a -70° C hasta su procesamiento; se determino Vitamina A por Cromatografía Líquida de alta resolución (HPLC), método por extracción con solventes para medición de retinol libre⁷. Ferritina y vitamina B12 por quimioluminiscencia, en el equipo ACS-180® y ácido fólico eritrocitario por inmunoensayos enzimáticos de micro partículas (MEIA), ABBOTT®. Zinc por Espectrofotometría de Absorción Atómica ⁽⁸⁾. Proteína C reactiva por turbidimetría^{9,10}.

Análisis de datos.

Variables de estudio: Velocidad individual de crecimiento, puntaje Z de peso y talla por edad, Puntaje Z de peso para talla, niveles en sangre de hemoglobina, ferritina, hierro, zinc; Vitaminas: A, B12 y ácido fólico eritrocitario. Consumo habitual de nutrientes: energía, proteína, vitaminas y minerales. Edad: meses cumplidos. Género. Adecuación de energía y nutrientes en la dieta. Consumo vs. Recomendaciones. (Ref. ICBF.1988)

Se calculó la distribución de frecuencias de los índices talla / edad, peso / edad y peso / talla y velocidad de crecimiento ajustada por la población de referencia de la NCHS¹¹. Se compararon velocidades de crecimiento de los tres grupos de niños antes, durante y después de la intervención. Para el índice ponderal se determinó, distribución de frecuencias, promedios y desviaciones estándar por edad

y género en cada uno de los grupos de estudio.

Las medidas físicas se compararon entre los grupos y dentro de los grupos durante y después de la intervención. Para el seguimiento se efectuaron con el mismo individuo las comparaciones de su puntaje Z con respecto a la población de referencia.

Se determinó la significancia estadística para proporciones. Promedios de velocidad de crecimiento (cms por mes) entre los grupos al final de la experiencia estratificado por sexo y ajustado por edad (12,13). Número y proporción de niños que aumentaron su percentil o posición Z durante la fase de intervención y comparación de esto entre los 3 grupos experimentales

RESULTADOS

Inicialmente 420 padres firmaron el consentimiento informado para la participación en este estudio pero se presentó un porcentaje bastante alto de salidas de niños, cuyas principales razones fueron:

1. Incumplimiento de los padres en las citas programadas para realizar la encuesta dietaria y la toma de muestra de sangre.
2. En el caso de una guardería en particular, realizaron cambio de sede lo que hizo que los niños que no vivían cerca de la nueva sede no pudieran continuar en el estudio; se pensó en realizar el seguimiento en hogares pero esto aumentaba los costos del proyecto.
3. Algunos padres decidieron retirar a los niños después de haber proporcionado el consentimiento.
4. La finalización de año lectivo con salida de los niños de transición de los jardines por inicio en escuelas. (se le había advertido a los padres antes de que firmaran su aceptación para participar en el estudio que si pensaban cambiar a los niños al finalizar el periodo escolar, no podrían ser parte de él, sin embargo, hubo una pérdida importante por este motivo).

Por este motivo se invitaron a nuevos niños a participar en el estudio con lo cual ingresaron 110 niños adicionales al estudio.

En la tabla No. 2 se pueden observar las características generales de los niños que participaron en el estudio desde el inicio, el promedio de edad al inicio del estudio fue de 44 meses se encontró una distribución homogénea por género (52% niños, 48% niñas) en el grupo total y en la distribución posterior se mantuvo bastante similar esta distribución por género en cada uno de los grupos estudiados. La mayoría de los niños (97%) vivían en los estratos socioeconómicos (ESE) 1 y 2, los puntajes Z talla y peso muestran una población con ligeras desviaciones a la izquierda con respecto a la población de referencia. Los promedios de las variables bioquímicas se encontraron dentro de los rangos de referencia. No se encontraron diferencias entre los grupos experimentales entre las variables antropométricas y bioquímicas.

Tabla No. 2. Características generales de niños que entraron al estudio

VARIABLE		GRUPO EXPERIMENTAL			TOTAL
		BIOFORTIFICADO	CONTROL	COMPLEMENTO	
GENERO	(♀♂)	(89)96	(56)70	(61)59	(206)225
EDAD (meses)	X±DS	44,6 ± 11,0	43,1 ± 8,8	46,0 ± 8,6	44,6 ± 9,8
	N	176	125	119	420
ESE¹ #(%)	1	81(52)	117(100)	41(43)	239(65)
	2	69 (45)		49(52)	118(32)
	3	5(3)		5(5)	10(3)
ZTE¹	(X±DS)	-0,06 ± 1,20	-0,26 ± 1,16	-0,17 ± 1,00	-0,15 ± 1,13
	N	157	110	109	376
ZPE¹	(X±DS)	-0,28 ± 1,19	-0,34 ± 1,29	-0,18 ± 1,04	-0,27 ± 1,18
	N	157	110	109	376
ZPT¹	(X±DS)	-0,21 ± 1,06	-0,13 ± 1,20	0,02 ± 0,98	-0,12 ± 1,08
	N	157	110	109	376
Hemoglobina g/dL	(X±DS)	12,8 ± 1,1	12,5 ± 1,0	12,7 ± 0,8	12,7 ± 1,0
	N	165	88	104	357
Ferritina ug/L	(X±DS)	34,6 ± 55,8	40,6 ± 21,4	31,8 ± 21,9	35,3 ± 41,0
	N	155	85	98	338
PCR mg/dL	(X±DS)	0,23 ± 0,38	0,38 ± 0,77	0,27 ± 0,44	0,28 ± 0,53
	N	155	85	95	335
Zinc ug/dL	(X±DS)	110,4 ± 24,3	113,0 ± 19,1	106,9 ± 18,5	109,8 ± 21,5
	N	117	53	82	252
Folato ng/ml	(X±DS)	358,3 ± 80,2	316,8 ± 68,7	328,3 ± 85,6	339,0 ± 81,0
	N	143	78	96	317
Vitamina A ug/dL	(X±DS)	31,7 ± 8,7	28,7 ± 9,9	33,4 ± 9,5	31,4 ± 9,4
	N	154	85	96	335
Vitamina B12 pg/mL	(X±DS)	579,3 ± 222,5	546,7 ± 217,3	576,4 ± 184,1	570,8 ± 209,6
	N	136	70	95	301

¹ ESE: Estrato socioeconómico, ZTE: puntaje Z de talla para edad, ZPE: puntaje Z de peso para edad, ZPT: puntaje Z de peso para la talla

Como se menciono inicialmente, debido al alto porcentaje de deserción que se presentó en el estudio, se realizó el ingreso de nuevos niños en la segunda fase de intervención; en la tabla No. 3 se pueden observar las características generales de los niños que ingresaron al estudio desde la fase de intervención, el promedio de edad al inicio del estudio fue de 40 meses se encontró una distribución homogénea por género (53% niños, 47% niñas) en el grupo total y en la distribución por grupos de

intervención se mantuvo bastante similar la distribución por género excepto en el grupo de biofortificado donde el porcentaje de niñas era menor (30%). Todos los sujetos que ingresaron en esta fase de la investigación pertenecían al ESE 1, los puntajes Z de peso y talla muestran una población con ligeras desviaciones a la izquierda con respecto a la población de referencia. Los promedios de las variables bioquímicas se encontraron dentro de los rangos de referencia. No se encontraron diferencias entre los grupos experimentales entre las variables antropométricas y bioquímicas.

Tabla No. 3. Características generales de niños que entraron al estudio en la fase experimental

VARIABLE		GRUPO EXPERIMENTAL			TOTAL
		BIOFORTIFICADO	CONTROL	COMPLEMENTO	
GENERO	(♀)♂	(8)19	(17)19	(26)20	(51)58
EDAD (meses)	X±DS	35,9 ± 10,8	37,2 ± 9,4	46,3 ± 10,6	40,8 ± 11,3
	N	27	30	44	101
ESE ¹ #(%)	1	24 (100)	33 (100)	43(100)	100(100)
ZTE ¹	(X±DS)	-0,29 ± 1,12	-0,19 ± 1,45	0,10 ± 0,90	-0,06 ± 1,13
	N	14	24	42	80
ZPE ¹	(X±DS)	-0,61 ± 1,17	-0,66 ± 1,11	-0,47 ± 0,93	-0,55 ± 1,02
	N	14	24	42	80
ZPT ¹	(X±DS)	-0,40 ± 1,25	-0,44 ± 1,10	-0,56 ± 0,89	-0,49 ± 1,02
	N	14	29	42	85
Hemoglobina g/dL	(X±DS)	12,4 ± 0,8	13,2 ± 1,4	13,2 ± 1,2	13,0 ± 1,2
	N	17	18	36	71
Ferritina ug/L	(X±DS)	32,4 ± 26,8	29,9 ± 23,4	36,3 ± 24,5	32,9 ± 24,2
	N	12	27	25	64
PCR mg/dL	(X±DS)	0,15 ± 0,38	0,58 ± 1,10	0,43 ± 0,38	0,44 ± 0,79
	N	12	28	24	64
Zinc ug/dL	(X±DS)	100,9 ± 10,7	92,5 ± 16,3	106,1 ± 13,6	99,7 ± 15,3
	N	8	17	18	43
Folato ng/ml	(X±DS)	328,4 ± 54,5	311,3 ± 68,4	271,0 ± 46,9	299,2 ± 62,0
	N	13	29	26	68
Vitamina A ug/dL	(X±DS)	33,8 ± 8,8	27,7 ± 8,8	30,3 ± 9,5	29,9 ± 9,2
	N	12	28	25	65
Vitamina B12 pg/mL	(X±DS)	650,1 ± 125,5	567,8 ± 198,4	533,5 ± 147,2	575,6 ± 170,7
	N	10	20	14	44

¹ ESE: Estrato socioeconómico, ZTE: puntaje Z de talla para edad, ZPE: puntaje Z de peso para edad, ZPT: puntaje Z de peso para la talla

EVALUACION ALIMENTARIA

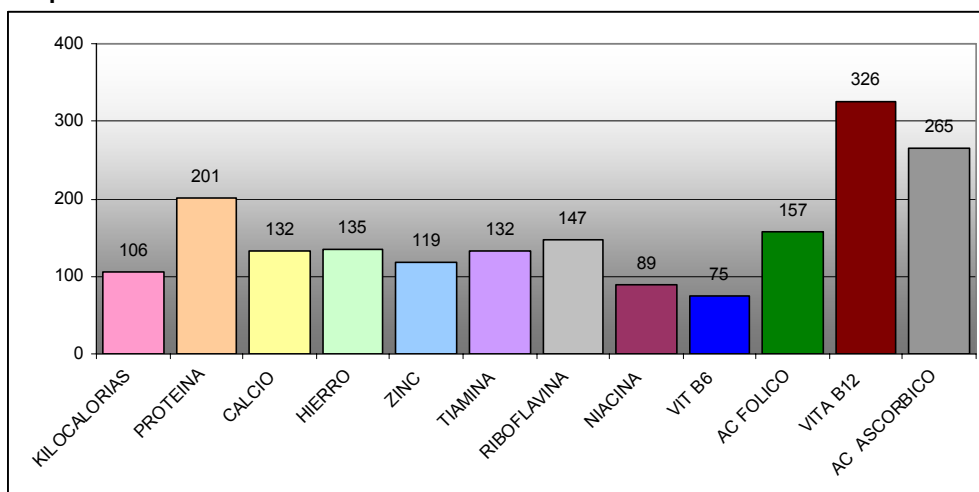
Al inicio del estudio, se aplicaron 285 encuestas y se encontró que la dieta regular de los escolares tenía una adecuación promedio de energía de 108%, con un rango entre 49% a 364% y un promedio alto de proteína del 201% (15 a 389%). La adecuación promedio de consumo de hierro de 139% (36% a 389%), de Zinc 122% (32% a 270%) y de Calcio 136% (31% a 293%). Se encontraron adecuaciones bajas para vitamina B6 (77%) y Niacina (89%),

Todos los grupos presentaron adecuaciones promedio superiores al 100% (tabla No. 4 y gráfico No. 1) en la mayoría de los nutrientes incluyendo los que estaban directamente relacionados con el estudio como son el hierro, el zinc y el ácido fólico. La Vitamina B6, y Niacina presentaron adecuaciones por debajo del 100% para todos los grupos experimentales.

TABLA No. 4. Porcentaje adecuación de kilocalorías, proteínas y micronutrientes por grupo de estudio

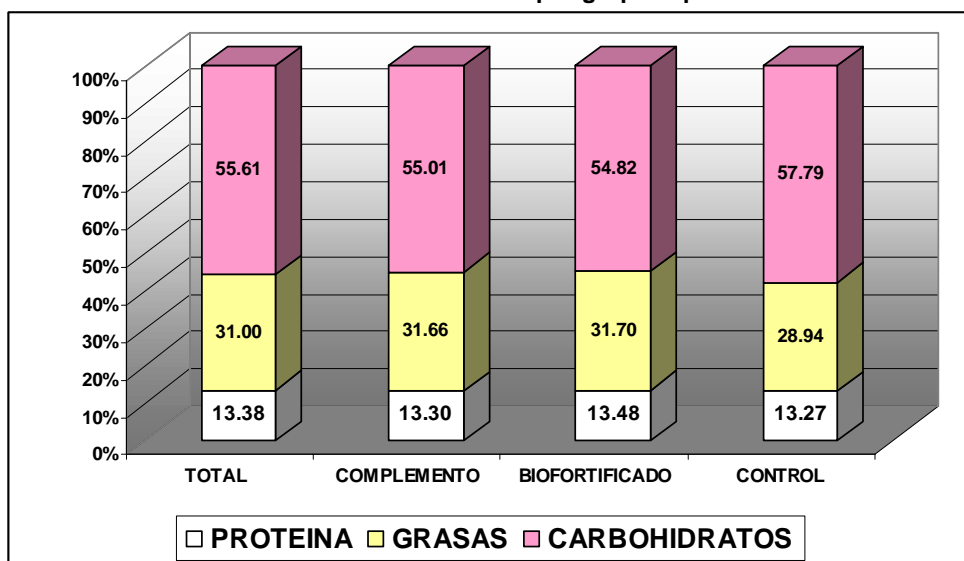
% DE ADECUACIÓN DE		GRUPO EXPERIMENTAL			TOTAL
		BIOFORTIFICADO	CONTROL	COMPLEMENTO	
KILOCALORIAS	X±DS	109,6 ± 48,6	93,3 ± 23,8	120,1 ± 41,3	108,4 ± 42,5
	N	131	73	81	285
PROTEINAS	X±DS	207,3 ± 68,3	178,9 ± 55,0	212,3 ± 87,6	201,5 ± 72,4
	N	131	73	81	285
CALCIO	X±DS	141,0 ± 84,7	115,8 ± 63,5	148,7 ± 45,0	136,3 ± 71,6
	N	131	73	72	276
ZINC	X±DS	113,8 ± 53,5	101,3 ± 41,4	160,5 ± 59,2	122,7 ± 56,9
	N	131	73	72	276
VITAMINA B6	X±DS	92,40 ± 70,0	56,9 ± 51,11	71,1 ± 54,0	77,4 ± 63,16
	N	131	73	72	276
ACIDO FOLICO	X±DS	176,3 ± 287,7	150,5 ± 84,6	149,5 ± 142,8	162,4 ± 215,5
	N	131	73	72	276
HIERRO	X±DS	122,1 ± 144,9	130,4 ± 33,6	180,9 ± 332,5	139,6 ± 198,5
	N	131	73	72	276

Gráfico No.1. Porcentaje de adecuación de kilocalorías, proteínas y micronutrientes del grupo completo



La distribución calórica de los macronutrientes de la dieta (gráfico No. 2) mostró en general una distribución adecuada de energía (CHO entre 55 y 60%, Grasas entre 25 y 30% y proteína entre 10 y 15%) en todos los grupos, con un leve aumento en el porcentaje de grasa.

Gráfica No. 2. Distribución calórica de la dieta por grupo experimental



Posteriormente se determinó la proporción de los niños (entre los) que presentaban ingestas deficientes (<85% de adecuación) (tabla No. 5), ingestas altas (>115% de adecuación) (tabla No. 6) e ingestas adecuadas (entre 85 y 115% de adecuación) (tabla No. 7). Esta información muestra la situación real encontrada, dada la gran variabilidad que mostraron los porcentajes de adecuación, factor que afecta mucho los promedios.

El grupo de complemento (tabla No. 5) presentó el mayor porcentaje de niños con ingestas deficientes de hierro (34%) y fue el único en el que se encontraron niños con ingestas deficientes de proteínas (11%), el grupo control el mayor porcentaje de niños con ingestas deficientes de zinc (37%) y el grupo biofortificado el mayor porcentaje de niños con ingestas deficientes de energía (34%).

Tabla No. 5. Número y porcentaje de niños con niveles de ingesta deficiente de hierro, zinc, proteínas y energía

NUTRIENTE Y ENERGÍA		GRUPO EXPERIMENTAL			TOTAL
		BIOFORTIFICADO	CONTROL	COMPLEMENTO	
ENERGÍA	#(%)	40 (33,8)	25 (30,1)	15 (17,2)	80 (27)
PROTEINAS	#(%)	()	()	10 (11,4)	10 (3,8)
HIERRO	#(%)	12(10,1)	7(8,4)	25(33,7)	44(17,4)
ZINC	#(%)	19 (16,1)	31 (37,3)	25 (33,7)	75 (29)

La mayoría de los niños (tabla No. 6) se ubicaron en este grupo con casi un 50% de niños con ingestas altas de hierro en todos los grupos, en el caso del zinc se encontró casi un 40% de niños con ingestas altas de este micronutriente y el porcentaje mayor se encontró en el grupo biofortificado (61%); casi el 90% de los niños de todos los grupos presentaron ingestas altas de proteínas y por encima del 20% de niños de todos los grupos presentaron ingestas altas de energía con el porcentaje más alto ubicado en el grupo de complemento (45%).

Tabla No. 6. Número y porcentaje de niños con niveles de ingesta alta de hierro, zinc, proteínas y energía

NUTRIENTE Y ENERGÍA		GRUPO EXPERIMENTAL			TOTAL
		BIOFORTIFICADO	CONTROL	COMPLEMENTO	
ENERGÍA	#(%)	32 (27,1)	21 (25,3)	39 (44,8)	92 (32,4)
PROTEINAS	#(%)	114 (96,6)	76 (91,5)	76 (87)	266 (91,7)
HIERRO	#(%)	70 (59,3)	48 (57,6)	36 (48,6)	154 (55,16)
ZINC	#(%)	72 (61)	34 (40,9)	28 (37,8)	134 (46,56)

Alrededor de un 30% de los niños para todos los grupos experimentales presentaron ingestas adecuadas de hierro, zinc y energía; excepto en el caso de las proteínas donde un porcentaje muy bajo de la población (<10%) presentó ingestas adecuadas (Tabla No. 7)

Tabla No. 7. Número y porcentaje de niños con niveles de ingesta adecuada de hierro, zinc, proteínas y energía

NUTRIENTE Y ENERGÍA		GRUPO EXPERIMENTAL			TOTAL
		BIOFORTIFICADO	CONTROL	COMPLEMENTO	
ENERGÍA	#(%)	46 (38,9)	37 (44,5)	33 (37)	116 (40,13)
PROTEINAS	#(%)	4 (3,3)	7 (8,4)	1 (1,14)	12 (4,28)
HIERRO	#(%)	36 (30,5)	28 (33,7)	13 (17,5)	77 (27,23)
ZINC	#(%)	27 (22,8)	18 (21,6)	21 (28,3)	66 (24,23)

EVALUACIÓN BIOQUÍMICA

Para las determinaciones bioquímicas se presentó un inconveniente adicional con respecto a la posibilidad de obtener la muestra y la cantidad que se obtenía de la misma (debido a que algunos niños se ponían muy nerviosos durante la toma de muestra), así que la diferencia en la cantidad de determinaciones por técnica se debe a que en algunos casos no se alcanzó a tomar la suficiente muestra para realizar todas las mediciones, así que las determinaciones se priorizaron de la siguiente manera: Hb, cuadro hemático, ferritina-PCR, vitamina A, folato, vitamina B12, zinc; de esta manera se aseguró tener resultados de los cambios en los marcadores de hierro que eran el objetivo principal del estudio y en ocasiones de los otros marcadores. En la tabla No. 8 se muestra la cantidad de determinaciones que se pudieron realizar al inicio y al final del estudio.

Tabla No. 8 Número de determinaciones bioquímicas realizadas por grupo experimental al inicio y al final del estudio.

DETERMINACION	GRUPOS INTERVENCIÓN						TOTAL	
	BIOFORTIFICADO		CONTROL		COMPLEMENTO		Inicial	Final
	Inicio	Final	Inicial	Final	Inicial	Final		
HEMOGLOBINA	180	83	106	39	140	61	426	183
CUADRO HEMATICO	155	55	111	37	125	43	391	135
FERRITINA	165	55	113	18	123	24	400	97
PCR	165	55	113	18	119	23	397	96
VITAMINA A	164	54	113	19	121	25	398	98
ACIDO FOLICO	154	51	107	19	122	27	398	98
ERITROCITARIO								
VITAMINA B12	144	33	90	10	109	18	343	61
ZINC	123	22	70	11	100	25	293	58

Los análisis bioquímicos se realizaron con los datos de los niños que finalizaron el estudio (es decir que contaban con las 2 determinaciones), en la tabla No. 9 se muestran los valores promedios iniciales y finales para las determinaciones de Hemoglobina y el cuadro hemático de los niños que participaron en todo el estudio.

Tabla No. 9 Promedios de hemoglobina, cuadro hemático, ferritina y PCR por grupo experimental al inicio y final del estudio.

DETERMINACION	GRUPOS INTERVENCIÓN						TOTAL	
	BIOFORTIFICADO		CONTROL		COMPLEMENTO		Primera toma	Segunda toma
	Primera toma	Segunda toma	Primera toma	Segunda toma	Primera toma	Segunda toma		
HEMOGLOBINA (g/dL)	12,7 ±0,88	12,4 ±0,87	12,6 ± 1,07	12,4 ± 1,10	12,8 ± 1,11	12,4 ± 0,72	12,7 ± 1,00	12,4 ± 0,88
CUADRO HEMATICO AUTOMATIZADO								
Hemoglobina (g/dL)	12,6 ± 1,06	12,6 ± 0,96	12,7 ± 0,97	12,8 ± 1,21	12,7 ± 0,85	12,4 ± 1,161	12,7 ± 0,97	12,6 ± 1,10
Hematocrito	39,0 ± 3,26	35,8 ± 2,16	37,9 ± 3,11	36,0 ± 4,36	38,7 ± 2,66	34,9 ± 2,91	38,6 ± 3,05	35,6 ± 3,14
Conteo Glóbulos rojos (CGR)	5,2 ± 0,48	4,9 ± 0,40 ²	5,1 ± 0,40	4,6 ± 0,46 ²	5,1 ± 0,46	4,8 ± 0,46	5,1 ± 0,45	4,8 ± 0,44
Volumen corpuscular medio (VCM)	75,6 ± 4,59	72,9 ± 4,09 ²	75,0 ± 4,76	78,0 ± 10,07 ²	76,1 ± 4,45	74,3 ± 3,83	75,6 ± 4,58	74,8 ± 6,55
Hemoglobina corpuscular media (HCM)	24,5 ± 1,89	25,6 ± 2,04 ²	25,1 ± 1,73	27,6 ± 1,75 ²	25,1 ± 2,20	26,6 ± 2,24	24,9 ± 1,96	26,4 ± 2,17
FERRITINA ug/L	24,9 ± 15,1 ¹	23,6 ± 13,68	50,2 ± 30,24 ¹	22,2 ± 12,14	28,6 ± 11,62 ¹	19,9 ± 14,27	30,5 ± 20,37	22,4 ± 13,51
PCR mg/dL	0,29 ± 0,48	0,31 ± 0,18	0,30 ± 0,39	0,32 ± 0,17	0,34 ± 0,62	0,36 ± 0,14	0,31 ± 0,50	0,32 ± 0,17

¹Diferencias entre grupo control vs biofortificado y complemento (p<0.05)

²Diferencias entre grupo biofortificado vs control (p<0.05)

³Diferencias entre biofortificado vs control y complemento (p<0.05)

DIFERENCIAS ENTRE GRUPOS DE INTERVENCIÓN:

En la primera toma de sangre se encontraron niveles mayores de folato en el grupo biofortificado con respecto a los otros 2 grupos y niveles mayores de ferritina en el grupo control con respecto al biofortificado y al complemento; no se encontraron diferencias significativas entre los grupos en ninguna de las otras variables evaluadas durante la primera toma. En la segunda toma se encontraron niveles menores de VCM, HCM en el grupo biofortificado con respecto al grupo control; se encontraron niveles mayores de CGR en el grupo biofortificado con respecto al grupo control, también se encontraron niveles mayores de zinc en el grupo biofortificado con respecto a los otros 2 grupos (tabla No. 9 y 10)

Tabla No. 10 Promedios de niveles de vitaminas y zinc en sangre por grupo experimental al inicio y final del estudio.

DETERMINACION	GRUPOS INTERVENCIÓN						TOTAL	
	BIOFORTIFICADO		CONTROL		COMPLEMENTO		Primera toma	Segunda toma
	Primera toma	Segunda toma	Primera toma	Segunda toma	Primera toma	Segunda toma		
VITAMINA A ug/dL	30,5 ± 8,21	35,9 ± 9,98	30,9 ± 12,52	35,6 ± 9,69	33,0 ± 9,53	39,0 ± 9,52	31,2 ± 9,46	36,6 ± 9,81
ACIDO FOLICO ERITROCITARIO ng/ml	359,4 ± 78,26 ¹	277,0 ± 50,84	297,4 ± 57,19 ¹	269,7 ± 61,60	316,6 ± 64,80 ¹	287,6 ± 70,33	335,4 ± 75,05	278,5 ± 58,63
VITAMINA B12 pg/ml	506,6 ± 187,10	524,1 ± 166,87	484,8 ± 143,41	491,2 ± 108,39	612,2 ± 232,91	522,3 ± 196,84	534,2 ± 199,44	518,2 ± 166,55
ZINC	109,21 ± 26,25	113,89 ± 32,36 ¹	94,71 ± 12,84	80,76 ± 16,62 ¹	109,82 ± 22,88	92,91 ± 18,89 ¹	106,72 ± 23,19	98,56 ± 27,39

¹Diferencias entre grupo biofortificado vs control y complemento (p<0.05)

DIFERENCIAS ENTRE LAS DOS TOMAS EN EL GRUPO TOTAL Y POR CADA GRUPO DE INTERVENCIÓN:

Se encontraron niveles mayores de hemoglobina al inicio del estudio con respecto a la toma final en el grupo total y en los grupos biofortificado y con complemento. También se encontraron los niveles de CGR, HCT mayores en la toma inicial con respecto a la final en el grupo total y el grupo biofortificado, en el grupo control se encontraron niveles mayores de CGR, HCT y HCM al inicio con respecto al final y en el grupo complemento se encontraron niveles mayores de CGR, HCT y VCM al inicio con respecto al final. En todos los grupos excepto el control se encontró niveles menores de HCM al inicio del estudio con respecto al final.

Se encontraron niveles mayores de ferritina al inicio con respecto a la toma final en el grupo total, en el control y el suplementado.

Se encontraron niveles mayores de zinc al inicio del estudio con respecto al final en el grupo total, en el control y en el suplementado, también se encontraron niveles mayores de folato al inicio con respecto a la segunda toma en el grupo total y el biofortificado y niveles menores de vitamina A al inicio con respecto al final en el grupo total, biofortificado y complemento (tablas No. 9 y 10).

En la tabla No. 11 se puede observar el porcentaje de niños que presentaron deficiencias en hemoglobina y ferritina al inicio del estudio. No se encontraron niños con deficiencias de zinc

Tabla No. 11. Número y porcentaje de niños que presentaron niveles bajos (<12) de hemoglobina y ferritina al inicio del estudio

DETERMINACION	GRUPOS INTERVENCIÓN			TOTAL
	BIOFORTIFICADO	CONTROL	COMPLEMENTO	
HEMOGLOBINA g/dL < 12 #(%)	16(19)	11(28)	9(15)	36(20)
FERRITINA ug/L <12 #(%)	12(22)	0(0)	1(4)	13(13)

NIÑOS CON ANEMIA:

Se encontró un mayor porcentaje de niños con niveles de hemoglobina por debajo de 12 al finalizar el estudio y no se encontraron diferencias entre los promedios de hemoglobina inicial o final entre los grupos; todos los niños clasificados inicialmente como anémicos mejoraron los niveles de hemoglobina sin embargo, los promedios de los grupos biofortificado y control no alcanzaron los niveles considerados normales y seguían presentando diferencias con respecto a los niños de estos grupos que no presentaron anemia, en cambio en el grupo con complemento el aumento de los promedios de hemoglobina alcanzó los niveles de los niños que no presentaron anemia.

Tabla No. 12. Promedios de hemoglobina, ferritina y zinc en los niños que presentaron niveles bajos de hemoglobina al inicio del estudio.

DETERMINACION	GRUPOS INTERVENCIÓN						TOTAL	
	BIOFORTIFICADO		CONTROL		COMPLEMENTO		Primera toma	Segunda toma
	Primera toma	Segunda toma	Primera toma	Segunda toma	Primera toma	Segunda toma		
HEMOGLOBINA (g/dL)	11,4 ± 0,4	12,0 ± 0,6	11,5 ± 0,3	11,8 ± 1,0	11,2 ± 0,8	12,1 ± 0,6	11,4 ± 0,5	12,0 ± 0,7
FERRITINA ug/L	21,4 ± 10,7	23,6 ± 10,5	48,7 ± 34,0	20,8 ± 9,0	46,8 ± 41,1	14,3 ± 8,0	35,5 ± 30,0	21,5 ± 9,9
ZINC ug/dL	104,5 ± 29,0	114,6 ± 37,2	110,5 ± 29,2	106,9 ± 3,7	105,2 ± 20,6	86,3 ± 18,4	106,2 ± 25,8	101,2 ± 29,7

Se encontró además aumento en los niveles de hemoglobina entre la toma 1 y la toma 2 en los niños que presentaron anemia tanto en el grupo suplementado como el biofortificado, en el caso del grupo suplementado la media alcanzo valores “normales” (12,1), pero en el caso del grupo biofortificado la media de hemoglobina seguían por debajo de 12 (11,9).

En los niños con anemia también se encontraron menores niveles de ferritina entre los niños del grupo biofortificado con respecto al control (Bonferroni) al inicio del estudio, pero en la segunda toma estas diferencias habían desaparecido. No se encontraron diferencias entre los niveles de ferritina inicial con respecto al final en ninguno de los grupos.

Se encontraron 5 niños anémicos que presentaron además deficiencia de ferritina (de estos niños 4 pertenecían al grupo biofortificado 1 al de complemento) y se encontró que después de la intervención había aumento en los promedios de hemoglobina y ferritina pero no se pudieron realizar pruebas estadísticas por el bajo número de sujetos,

EVALUACIÓN ANTROPOMÉTRICA

El promedio de talla del total de los niños aumentó del inicio al final del estudio 4,6 cm, presentando mayor aumento los niños de los grupos con complemento (5.91 cm) y con el alimento Biofortificado (3.22 cm). Los niños del grupo control aumentaron en promedio 2.94 cm durante el estudio. El incremento en el promedio de talla fue estable durante el estudio en todos los grupos, como es de esperarse en estas edades. El grupo control tuvo un promedio de talla menor que los otros dos grupos al inicio del estudio y se mantuvo así hasta el final, sin embargo, las diferencias no fueron significativas. (Tabla 13)

Tabla No 13. Promedio de talla (cms) por grupo experimental para cada toma

TALLA		GRUPO EXPERIMENTAL			TOTAL
		BIOFORTIFICADO	CONTROL	COMPLEMENTO	
TALLA 1	X±DS	100,1 ± 8,11	98,7 ± 5,77	100,3 ± 5,71	99,7 ± 6,85
	N	157	110	109	376
TALLA 2	X±DS	103,1 ± 7,67	101,0 ± 5,91	103,0 ± 5,76	102,5 ± 6,70
	N	140	98	102	340
TALLA 3	X±DS	104,7 ± 7,50	102,7 ± 5,67	103,6 ± 12,65	103,9 ± 8,86
	N	153	82	88	323
TALLA 4	X±DS	104,9 ± 8,41	100,9 ± 7,25	103,6 ± 6,18	103,4 ± 7,62
	N	123	86	90	299
TALLA 5	X±DS	103,0 ± 6,68	99,0 ± 7,23	105,0 ± 5,72	103,0 ± 6,75
	N	82	34	70	183
TALLA 6	X±DS	103,3 ± 7,74	101,6 ± 6,39	106,2 ± 6,20	104,3 ± 7,00
	N	46	26	63	135

El promedio del peso del total de los niños aumentó del inicio al final del estudio 0.97 kg, presentando mayor aumento los niños de los grupos con complemento (1.1 kg) y con el alimento Biofortificado (0.9 kg). Los niños del grupo control aumentaron en promedio 0.2 kg durante el estudio. El incremento en el promedio de peso tuvo algunas variaciones en las toma 3 y 4 donde fue mayor, para después bajar nuevamente. El incremento fue mas estable en los niños del grupo control. (Tabla 14)

Tabla No 14. Promedio de peso (Kg) por grupo experimental para cada toma

PESO		GRUPO EXPERIMENTAL			TOTAL
		BIOFORTIFICADO	CONTROL	COMPLEMENTO	
PESO 1	X±DS	15,6 ± 3,06	15,2 ± 2,34	15,8 ± 2,34	15,5 ± 2,67
	N	157	110	109	376
PESO 2	X±DS	16,5 ± 3,06	15,8 ± 2,24	16,6 ± 2,48	16,4 ± 2,69
	N	140	98	102	340
PESO 3	X±DS	17,1 ± 3,31	16,1 ± 3,53	17,4 ± 3,46	16,9 ± 3,44
	N	153	84	89	326
PESO 4	X±DS	17,1 ± 3,68	15,8 ± 2,81	16,8 ± 2,79	16,6 ± 3,22
	N	124	87	92	303
PESO 5	X±DS	16,1 ± 3,15	15,2 ± 2,99	17,5 ± 2,79	16,5 ± 3,10
	N	83	34	70	187
PESO 6	X±DS	16,4 ± 3,12	15,5 ± 1,61	17,0 ± 3,50	16,5 ± 3,12
	N	46	26	64	136

Al ajustar las medidas de talla y peso por edad y compararlas con la población de referencia se encontró inicialmente la población total con un puntaje Z talla/edad ligeramente desviado a la izquierda, el grupo de mayor talla inicial fue el que recibiría fríjol y maíz biofortificado y el de menor talla el grupo control. Se encontró en la valoración inicial un 3,5% (13 niños) de los niños por debajo de -2DE de Z lo que sería considerado como de baja talla. Durante todo el estudio, el puntaje Z talla/edad se mantuvo similar al de la población de referencia con una ligera desviación a la izquierda y el grupo del complemento muestra una ligera mejoría que no tuvo significancia estadística. No se encontraron diferencias estadísticas entre los grupos experimentales durante el estudio; tampoco se encontraron diferencias entre las tomas durante el estudio (Tabla 15).

Tabla No. 15 Distribución del puntaje Z para Talla/Edad por toma

ZTE ¹		GRUPO EXPERIMENTAL			TOTAL
		BIOFORTIFICADO	CONTROL	COMPLEMENTO	
ZTE 1	X±DS	-0,06 ± 1,19	-0,26 ± 1,16	-0,17 ± 1,00	-0,15 ± 1,13
	N	157	110	109	376
ZTE 2	X±DS	-0,12 ± 1,10	-0,26 ± 1,10	-0,13 ± 1,01	-0,16 ± 1,07
	N	140	97	102	339
ZTE 3	X±DS	-0,07 ± 1,09	-0,28 ± 0,99	-0,22 ± 1,00	-0,16 ± 1,04
	N	152	82	87	321
ZTE 4	X±DS	-0,06 ± 1,09	-0,36 ± 1,28	-0,01 ± 0,90	-0,13 ± 1,10
	N	123	81	90	294
ZTE 5	X±DS	-0,14 ± 1,16	-0,19 ± 0,87	-0,06 ± 0,92	-0,12 ± 1,02
	N	80	33	70	183
ZTE 6	X±DS	-0,22 ± 1,03	-0,26 ± 1,29	-0,08 ± 0,95	-0,16 ± 1,05
	N	45	25	60	130

¹ZTE: Puntaje Z talla para edad.

El promedio de puntaje Z de Peso para Talla muestra una población que se encuentra ligeramente por encima de la población de referencia. El grupo con peso más bajo al inicio del estudio estuvo compuesto por el grupo Biofortificado y el de mayor peso fue el grupo con complemento; estas diferencias no son significativas. Se encontró un 1.3% (5 niños) de niños por debajo de -2DE de Z lo que sería considerado como niños con bajo peso para la talla. Tanto el grupo del complemento como el control disminuyeron ligeramente su score Z (de +0.02 a -0.21 el complemento y de -0.12 a -0.43 el control), el Biofortificado lo mantuvo (-0.21 a -0.22), en ninguno de los casos las diferencias fueron significantivas (Tabla 4).

Tabla No. 16 Distribución del Puntaje Z para Peso /Talla por toma

ZPT ¹		GRUPO EXPERIMENTAL			TOTAL
		BIOFORTIFICADO	CONTROL	COMPLEMENTO	
ZPT 1	X±DS	-0,21 ± 1,06	-0,13 ± 1,20	0,02 ± 0,98	-0,12 ± 1,08
	N	157	110	109	376
ZPT 2	X±DS	-0,11 ± 1,02	-0,12 ± 1,06	0,06 ± 1,03	-0,06 ± 1,03
	N	140	97	102	339
ZPT 3	X±DS	-0,03 ± 1,12	0,00 ± 1,22	0,26 ± 1,21	0,06 ± 1,18
	N	152	82	87	321
ZPT 4	X±DS	-0,12 ± 1,20	-0,13 ± 1,15	-0,04 ± 1,13	-0,10 ± 1,16
	N	122	86	90	298
ZPT 5	X±DS	-0,15 ± 1,08	-0,28 ± 1,17	0,21 ± 1,07	-0,03 ± 1,11
	N	80	33	70	183
ZPT 6	X±DS	-0,22 ± 1,19	-0,43 ± 0,75	-0,22 ± 0,98	-0,26 ± 1,02
	N	45	26	62	133

¹ZPT: Puntaje Z peso para talla.

Para la comparación del efecto del complemento, fue necesario adicionar nuevos casos en la última toma con nuevas guarderías que fueron seguidas a partir de la toma 4 sin el periodo de observación previo que tuvieron los demás. Se tomó la media de las medidas de peso/talla y talla/ edad del periodo basal (Tomas 1, 2, 3) y del periodo experimental (Tomas 4, 5, 6) El grupo biofortificado aumenta el Z de talla más que los otros grupos que se mantienen relativamente estables. (Tabla 17). El Z de peso /talla del periodo basal al final, mejora en todos los grupos, siendo levemente mayor el incremento en el grupo Biofortificado.

Tabla 17. Media de Puntaje Z de Talla/edad en periodo basal (tomas 1,2 y 3) y experimental (tomas 4,5 y 6)

Puntaje Z		GRUPO EXPERIMENTAL		
		BIOFORTIFICADO	CONTROL	COMPLEMENTO
ZTE ¹ BASAL ²	X±DS	-0,10 ± 1,00	-0,31 ± 1,06	-0,14 ± -0,14
	MEDIANA	-0,07	-0,31	1,00
	N	489	312	309
ZTE EXPERIMENTAL ³	X±DS	0,12 ± 1,05	-0,29 ± 0,80	-0,17 ± 0,94
	MEDIANA	0,20	-0,29	-0,20
	N	256	90	104
ZPT ⁴ BASAL	X±DS	-0,16 ± 1,02	-0,13 ± 1,11	0,17 ± 1,03
	MEDIANA	-0,33	-0,23	0,07
	N	489	328	309
ZPT EXPERIMENTAL	X±DS	0,00 ± 1,30	0,05 ± 0,31	0,27 ± 1,27
	MEDIANA	-0,22	0,05	0,04
	N	256	90	104

¹ZTE: Puntaje Z talla para edad. ²Basal: tomas 1, 2 y 3. ³Experimental: tomas 4, 5, 6. ⁴ZPT: Puntaje Z de peso para talla

La tabla 18 muestra el aumento promedio en centímetros por mes de la talla entre las tomas. Se encontró un aumento mayor de velocidad (0.61 cms/mes) entre las tomas 5 y 6 en los grupo biofortificado y control, que no fue significativa. El menor aumento (0.52 cms/mes) se presentó para el grupo total entre las tomas 4 a 5

Tabla 18. Velocidad de crecimiento (cms/mes) entre las tomas por grupo experimental

Velocidad de crecimiento ¹		GRUPO EXPERIMENTAL			TOTAL
		BIOFORTIFICADO	CONTROL	COMPLEMENTO	
Toma 1 a 2	X±DS	0,53 ± 0,40	0,60 ± 0,49	0,69 ± 0,27	0,60 ± 0,40
	N	130	92	101	323
Toma 2 a 3	X±DS	0,60 ± 0,25	0,58 ± 0,66	0,54 ± 0,22	0,58± 0,39
	N	127	73	82	282
Toma 3 a 4	X±DS	0,56 ± 0,31	0,53 ± 0,29	0,62 ± 0,31	0,57 ± 0,31
	N	103	43	42	188
Toma 4 a 5	X±DS	0,54 ± 0,73	0,55 ± 0,37	0,49 ± 0,74	0,52 ± 0,68
	N	56	25	60	141
Toma 5 a 6	X±DS	0,61 ± 0,37	0,61 ± 0,30	0,57 ± 0,31	0,59 ± 0,33
	N	35	16	51	102

¹Velocidad de crecimiento cms/mes

Análisis de los extremos de la distribución muestran el número de niños por grupo experimental que bajaron, subieron o mantuvieron estable su puntaje Z de Talla/Edad y Peso/ Talla durante el estudio. Se consideró que bajaron o subieron cuando se movieron mas de media DE y estables los que se mantuvieron entre +- media DE.

En el caso de la talla (Tabla 19) 22 niños pertenecientes al grupo biofortificado subieron su score Z comparado con 5 del grupo de complemento y 8 del grupo control. El mayor número de niños subieron entre la toma 1 y la toma 2, donde se observó también el mayor número de niños que bajo su posición en el score de talla.

Tabla 19. Número de niños por grupo experimental que bajaron, subieron o mantuvieron estable el Z de Talla/Edad entre tomas.

GRUPO EXPERIMENTAL		# DE NIÑOS QUE MODIFICARON O NO SU ZTE ¹		
		BAJÓ	IGUAL	SUBIÓ
COMPLEMENTO	(1a2) n		104	3
	(2a3) n	2	89	1
	(3a4) n		55	
	(4a5) n	3	29	1
	(5a6) n		14	
BIOFORTIFICADO	(1a2) n	5	151	8
	(2a3) n	3	147	4
	(3a4) n	4	101	4
	(4a5) n	1	66	3
	(5a6) n		11	3
CONTROL	(1a2) n		104	4
	(2a3) n	2	78	4
	(3a4) n		37	
	(4a5) n		20	
	(5a6) n		2	

¹ZTE: Puntaje Z de talla para edad

En relación con el puntaje de Peso/talla (Tabla 20), el mayor número de niños que aumentaron su posición se presentó en el grupo de Biofortificado con 183 niños seguido del grupo de complemento con 99. En el grupo control se encontró un menor número de niños que subieron. La misma relación se observó en el número de niños que bajaron en su score Z de Peso/talla.

Tabla 20. Número de niños por grupo experimental que bajaron, subieron o mantuvieron estable el Z de Peso/Talla entre tomas.

GRUPO EXPERIMENTAL		# DE NIÑOS QUE MODIFICARON O NO SU ZPT ¹		
		BAJÓ	IGUAL	SUBIÓ
COMPLEMENTO	(1a2) n	27	44	36
	(2a3) n	16	41	35
	(3a4) n	13	25	17
	(4a5) n	12	12	9
	(5a6) n	3	10	2
BIOFORTIFICADO	(1a2) n	52	53	61
	(2a3) n	34	67	54
	(3a4) n	42	45	22
	(4a5) n	15	21	38
	(5a6) n	1	5	8
CONTROL	(1a2) n	21	46	42
	(2a3) n	17	45	24
	(3a4) n	9	16	13
	(4a5) n	10	5	5
	(5a6) n		2	

¹ZPT: Puntaje Z de peso para talla

Las probabilidades de aumentar de talla por pertenecer al grupo que recibió alimento biofortificado se calcularon con el OR (Odds Ratio), que fue de 1,699. No fue significativa para ninguno de los casos dado que el intervalo de confianza se encuentra entre 0.447 a 6,456, con un fisher no significativo.

DISCUSIÓN

Los promedios de las concentraciones de los parámetros sanguíneos al igual que los datos antropométricos nos muestran una población saludable, comparada con poblaciones de similares características^{14, 15}. Sin embargo debemos tener en cuenta que la mejoría del estado nutricional se determina a partir del cambio en los valores individuales al suministrar un suplemento tal como se ha sido reportado en algunos estudios^{16,17}. En general, la población tuvo un comportamiento bastante homogéneo a lo largo del estudio.

Los resultados de la dieta son similares a los encontrados en estudios anteriores con preescolares, realizados por este mismo grupo de investigación¹⁸. Este estudio mostró ingestas promedio adecuadas para la mayoría de los nutrientes, medidas por el porcentaje de adecuación utilizando como comparación las Tablas de Recomendaciones de Kilocalorías y Nutrientes para la Población Colombiana. ICBF-1988. Algunos nutrientes como la Niacina y la Vitamina B6 tuvieron adecuaciones inferiores al 100% (entre el 70 y el 80%), la energía tuvo una adecuación muy cercana al 100% lo que podría considerarse como adecuado y los demás nutrientes presentan adecuaciones altas especialmente para proteínas con una Adecuación superior al 120%.

Estudios realizados entre 1999 y el 2000 en escolares y adolescentes mostraron también adecuación alta en proteínas (141%) pero deficiente en calcio, hierro y vitamina A tanto en estratos socioeconómicos altos como bajos¹⁹. Lo anterior posiblemente se deba a que los preescolares estudiado pertenecían a jardines infantiles con asistencia alimentaria por parte del gobierno (ICBF), situación diferente a la de los escolares y adolescentes.

Por otro lado, es importante recordar que las recomendaciones de nutrientes son dadas para el 97.5% de la población sana, es decir que son altas para un porcentaje importante de individuos (más del 50%), por esta razón, para una correcta interpretación de la información de la dieta es necesario analizar además de los promedios, los porcentajes de población que se encuentra en los extremos y que pueden estar afectando el promedio.

El presente estudio mostró un porcentaje importante de niños con adecuación baja de hierro (17%), de zinc (29%), de proteína (3.8%) y de energía (27%). Sin embargo, el porcentaje de niños con ingesta altas fue mayor para todos los nutrientes (55% en Hierro, 46.5% en zinc, 91.7% en proteínas y 32.4% en energía) factor que tuvo una mayor incidencia sobre el promedio.

Los valores promedio de los puntaje Z para los índices antropométricos mostraron también una población ligeramente desviada a la izquierda con respecto de la población de referencia en el índice talla/edad e igual con respecto al índice de peso para la talla; la velocidad de crecimiento durante el periodo de seguimiento fue estable y similar a lo esperado para estos grupos de edad. Se encontraron pequeñas diferencias entre los grupos para algunas de las tomas pero no fueron significativas, el grupo biofortificado siempre presentó los valores mayores con respecto a los otros grupos.

Los marcadores bioquímicos presentaron una población saludable con un porcentaje bajo (20%) de niños con anemia comparados con los reportes nacionales que mencionan entre 33 y 37% de niños con anemia para este grupo de edad (ENSIN-2005²⁰) de igual estrato socioeconómico y de zona urbana. El porcentaje de niños que presentan disminución en los niveles de ferritina (13%) si es similar al reportado en el ENSIN-2005. Las determinaciones de Hb no mostraron diferencias entre las diferentes técnicas, mostrando que la utilización del HemoCue, como procedimiento para valoración de estado de hierro es confiable como ya habían demostrado estudios previos²¹.

Durante la intervención se encontró una pequeña disminución en los valores promedios de los marcadores bioquímicos y el porcentaje de niños que presentaron disminución en los niveles de hemoglobina (30%) y de ferritina (20%) fue bajo, una posible explicación para este cambio puede ser que durante el estudio se reportó un porcentaje de niños que presentaron infecciones respiratorias a repetición debido a un periodo lluvioso que se presentó en la ciudad, y estas infecciones pueden haber afectado el metabolismo del hierro; a pesar que en el estudio se tomaba PCR como un control para determinar si en el momento del examen tenía un proceso inflamatorio o infeccioso, esto no nos informaba de su situación anterior.

Los niños que presentaron anemia al inicio del estudio aumentaron los niveles de hemoglobina al finalizar el mismo, en el caso de los que recibieron el complemento y el frijol biofortificado el aumento fue significativo, sin embargo, solo en el grupo de complemento el promedio de hemoglobina alcanzó el nivel de los niños que no habían presentado anemia. Esto podría indicar que la biofortificación puede servir para mejorar los niveles de hemoglobina en una población con deficiencia, claro que se deben realizar más estudios para determinar el posible efecto a largo plazo.

En las pruebas antropométricas y bioquímicas se encontraron algunas diferencias entre el grupo biofortificado con respecto a los otros dos grupos pero estas no fueron significativas lo cual puede ser explicado en parte porque la población de estudio se encontraba en un buen estado nutricional como se evidenció en la valoración antropométrica, bioquímica y el análisis de la dieta usual; lo anterior sumado a las dificultades de mantener las concentraciones necesarias de nutrientes en el frijol biofortificado durante el estudio, ya que las diferencias en los niveles de hierro entre frijol fortificado y biofortificado fueron más o menos de 20 ppm y una de las razones es que en el caso de los cultivos las diferencias en los suelos y en las condiciones climáticas afectaban las concentraciones obtenidas en el producto final. Adicionalmente este tipo de productos biológicos (semillas) se encuentran todavía en etapas de evaluación, estabilización y estandarización de cultivos lo que explica las variaciones de composición entre los diferentes lotes de semilla.

La utilización de alimentos biofortificados como fuentes adicionales de nutrientes en la dieta ha sido propuesta como una de las alternativas para mejorar el estado nutricional de la población y se ha convertido en una política de salud pública en países de bajos ingresos para prevenir las deficiencias de micronutrientes como la vitamina A, el hierro y el zinc²². Este estudio muestra una primera valoración del uso de este tipo de alimentos con resultados iniciales en población con un buen estado nutricional; vale la pena la valoración de este tipo de productos en población desnutrida para mirar su efecto en situaciones de déficit.

Otros estudios en población con prevalencia elevada de desnutrición ha encontrado una respuesta mayor. (23, 24) al suministro de un complemento de Zn. En el presente estudio la cantidad del producto biofortificado consumido por los niños especialmente los más pequeños era relativamente baja que no aumentaba en forma significativa el pool intestinal de este metal. La deserción de un número grande niños abre la posibilidad para sesgos de selección aunque el análisis de las características en edad y Z de los grupos que desertaron no es significativamente diferente de aquellos que permanecieron (Tabla 9). La adecuación de Zn estimada por kilogramo de peso corporal tiene una media de 100 a 158% de las recomendaciones. Sería necesario adecuar este valor al tipo de dieta para definir la disponibilidad de este metal.

Se concluye, que en general la alimentación de los niños de los jardines que participaron en el estudio era suficiente en cantidad y con una adecuada distribución de las kilocalorías, razón que sumada a las buenas condiciones locativas y de atención que se tiene en estas instituciones permite que los niños se encuentren en buen estado nutricional según lo muestra su valoración antropométrica. Es importante efectuar estudios en poblaciones más numerosas con signos de desnutrición y cuya dieta incluya un consumo elevado de frijol y maíz.

REFERENCIAS

- 1 . Van Wyk JJ, Underwood LE, Dércole AJ. Role of somatomedin in cellular proliferation. En Ritzen M, Aperia A, Hall K, Larson A, Zettemberg A, Zeterstrom R., edit. *Biology of normal human growth*. New York Raven Press 1981: 223-239
2. Prentice A., Bates C.J. Adequacy of dietary mineral supply for human bone growth and mineralisation (1994) *Europ. J. Clin. Nut.* 48 Suppl. 1 S161-S177.
- 3 . Allen L.H. Nutritional Influences on linear growth: a general review (1994) *European J. of Clin. Nut.* 48, Suppl 1, S75-S89
- 4 Gracia B, de Plata C, Pradilla A. Gracia Efecto de la complementación de zinc en la velocidad de crecimiento de niños preescolares. *Col. Med* 2005, 36 (Suplemento 1): 32-41
- 5 Medición del Cambio del Estado Nutricional. (1983) Organización Mundial de la Salud. Ginebra.
- 6 . Menchú, M.T. Revisión de las metodologías aplicadas en estudios sobre consumo de alimentos (1992). OPS/INCAP Guatemala
- 7 Metodología estandarizada y validada en el INS según protocolos y adaptaciones de: Bankson DD, Rusell RMY Sadowoski JA. *Clin Chem.* 1986.32:35-40. Bieri JG. Tolliver TJ, Catignani GL. *Am J Clin Nutr.* 1979.32:2143. DeRuyter MGM y DeLeenheer AP. *Clin Chem.* 1976.22:1593-1595. Packer L. *Methods in Enzymology. Retinoids. Part A. Molecular and Metabolic Aspects.* 1990.189:75-76, 155-167, 170-175. New York: Academic Press
- 8 Plata, C.; Mosquera, M.; Suarez, M. Arias, C. Protocolo modificado Laboratorio Metabolismo y Nutrición. Universidad del Valle. 2002 según protocolos y adaptaciones de: Manual equipo PERKIN ELMER 3110, Hackley B, Smith J, Halsted J. A simplified Method for plasma zinc determination by atomic absorption spectrophotometry. *Clin Chem.* 1968. 14(1):1-6, MST J, Butriomovitz G. Direct measurement of zinc in plasma by atomic absorption spectroscopy. *Clin Chem* 1979. 25(8):1487-1491.
- 9 Donna V, et al. *Ann Clin Biochem.* 1987 24 supl 2. 272.
- 10 *Basic Clin Immunology.* Fuden Berchh. 3a. edi. 1980: 343-381
11. Gracia B, de Plata C, Rueda A, Pradilla A. Antropometría por edad, género y estrato socioeconómico de la población escolarizada de Cali. *Col. Med.* 2003. 34: 60-67
- 12 . Healy MJR, Yang M, Tanner JM, Zumrawi FY. The use of short term increments in length to monitor growth in infancy. En *Linear Growth Retardation in Less Developed Countries*. Ed. J.C. Waterlow. 1988 . pag. 41-55 Raven Press New York
- 13 . Marshall WA. Evaluation of growth rate in height over periods of less than a year. *Arch.Dis Child* 1971:46:414-420
- 14 AGUDELO, Gloria M. et al. Prevalencia de anemia ferropénica en escolares y adolescentes, Medellín, Colombia, 1999. *Rev Panam Salud Publica*, jun. 2003, vol.13, no.6, p.376-386. ISSN 1020-4989..
- 15 OSORIO, Mônica M. et al. Prevalencia de la anemia en niños de 6 a 59 meses en el estado de Pernambuco, Brasil. *Rev Panam Salud Publica*, ago. 2001, vol.10, no.2, p.101-107. ISSN 1020-4989.
- 16 BENAVIDES, Nidia et al. Efectos de la suplementación con hierro en niveles de hemoglobina, atención y memoria en escolares de nivel socioeconómico bajo en Cali. *Colomb Med* 2003; 34: 77-81
- 17 MAULEN-RADOVAN, Irene et al. Impacto nutricional del consumo de una leche entera adicionada con vitaminas y minerales en niños. *Salud pública Méx*, set./oct. 1999, vol.41, no.5, p.389-396. ISSN 0036-3634
- 18 (ref. Efecto de la complementación con zinc en la velocidad de crecimiento en niños preescolares. *Col Med.* V.36 No 4 (Supl.3) Octubre-Diciembre-2005).
- 19 (Ref. Evaluación de manifestaciones tempranas de riesgo para enfermedades crónicas no transmisibles en población escolarizada de Cali. *Arch LatiAmericanos de Nutrición* Vol. 55 No. 3 – 2005)
- 20 Instituto Colombiano de Bienestar Familiar. Encuesta Nacional de la Situación Nutricional en Colombia. ENSIN 2005.
- 21 NEUFELD, Lynnette et al. Hemoglobina medida por Hemocue y por un método de referencia en sangre venosa y capilar: estudio de validación. *Salud pública Méx*, mayo/jun. 2002, vol.44, no.3, p.219-227. ISSN 0036-3634.
- 22 Nestel P, Bouis H, Meenakshi J, Pfeiffer W. Biofortification of Staple Food Crops. *J. Nutr.* 2006; 136: 1064–1067.
23. Rivera JA, Ruel MT, Santizo MC, Lowerdall BO, Brown KH. Zinc supplementation improves the growth of stunted Guatemalan children. *Am.J.Clin.Nut.* 1997. 128:556-562
- 24 Brown K H, Wuehler SA, Peerson JM. The importance of Zinc in human nutrition and estimation of the global prevalence of zinc deficiency. *Food and Nutrition Bulletin.* 2001. 22:113-132