

Comunicación corta

CONTENIDO DE HIERRO Y ZINC EN VARIEDADES Y CLONES MEJORADOS DE PAPAS (*Solanum tuberosum* L.) DE BOLIVIA

Gabriel J.¹, R. Botello, A. Angulo, J. Velasco, F. Rodríguez

Resumen

En el año 2012, 19 variedades y clones mejorados de papa fueron recolectados en parcelas de la zona de Tiraque en Cochabamba, con el objetivo de determinar el contenido de hierro y zinc en tubérculos, como base del impacto potencial sobre la nutrición a través de mejoramiento genético de la papa. Los análisis del contenido de hierro y zinc fueron realizados en el laboratorio del Instituto de Tecnología de Alimentos (I.T.A.) de la Universidad Mayor Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, mediante la técnica de absorción atómica (AA). Los resultados mostraron alto contenido de hierro y zinc para la variedad Chota Ñawi con 10,50 mgkg⁻¹ y 6,10 mgkg⁻¹ respectivamente. Otras variedades con contenido moderado de hierro fueron P'alta Chola, Morita y Puyjuni Imilla con 7,90 mgkg⁻¹. Para Zn, el contenido moderado fue para las variedades Tempranera, 00-218 y 00-330-14 (de 3,90 a 4,10 mgkg⁻¹). El análisis de correlación mediante la prueba de Pearson al p<0,05 de probabilidad mostró una correlación moderada, positiva y significativa (r = 0,49) entre el contenido de hierro y zinc.

Palabras clave: Fe, Zn, nutrición, absorción atómica, mejoramiento genético.

Aceptado para publicación: 9 de enero, 2014

¹Fundación PROINPA, Casilla 4285, Cochabamba, Bolivia.
E-mail: j.gabriel@proinpa.org

IRON AND ZINC CONTENT IN IMPROVED POTATO VARIETIES AND CLONES (*SOLANUM TUBEROSUM* L.) FROM BOLIVIA

Summary

In 2012, 19 improved clones and varieties were collected in plots from Tiraque area in Cochabamba, with the aim of determining the iron and zinc content of tubers, as a base for the potential impact on human nutrition through potato breeding. The analyses of iron and zinc content were performed at the Institute of Food Technology (I.T.A.), lab of the Royal and Pontifical San Francisco Xavier of Chuquisaca University, by using the technique of atomic absorption (AA). The results showed that variety Chota Ñawi had the highest of iron and zinc content, with 10,50 mgkg⁻¹ and 6,10 mgkg⁻¹ respectively. Other varieties with moderate iron content were P'alta Chola, Morita y Puyjuni Imilla with 7,90 mgkg⁻¹. For zinc, varieties with moderate content were Tempranera, 00-218-24 and 00-330-14 (3,90 to 4,10 mgkg⁻¹). Correlation analysis using Pearson's test at p<0,05 probability showed a moderate correlation, positive and significant (r = 0,49) between iron and zinc content.

Additional keywords:

Fe, Zn, nutrition, atomic absorption, plant breeding.

Introducción

La malnutrición es responsable de más de 20 millones de muertes al año en el mundo (Bouis y Welch, 2010). Los seres humanos necesitan por lo menos 44 nutrientes en cantidades adecuadas para tener una vida saludable y productiva. Los nutrientes esenciales incluyen a las proteínas, carbohidratos, vitaminas y minerales. Las deficiencias de micronutrientes afectan a más de un tercio de la población mundial, particularmente a mujeres y niños en hogares de escasos recursos económicos (White and Broadley, 2009). Sus consecuencias para la salud pública y el desarrollo social son devastadoras (Ortiz, 2010).

Las deficiencias de Fe y Zn continúan siendo las más prevalentes, afectando al menos 2000 millones de personas (Boy *et al.*, 2009). Una ingesta proteica inadecuada también afecta a la digestibilidad de estos y otros nutrientes.

En Latinoamérica, las deficiencias de micronutrientes han sido reconocidas desde los años 50. Un importante aspecto a tomar en cuenta en posibles intervenciones en el continente, es que más del 75% de su población es urbana y su nivel de pobreza es a menudo más pronunciada que en las zona rurales (Ortiz, 2010)

En Bolivia la deficiencia de Fe en niños menores de 5 años es uno de los problemas más importante de salud pública. De acuerdo a los datos publicados por el OPS, Encuesta Nacional de Nutrición (2007) el 78% de los menores de 2 años y aproximadamente la mitad de los niños menores de cinco años (47%) son anémicos, cifras que muestran un aumento respecto a los datos publicados en el 2003 (Grandy *et al.*, 2010). Datos aportados por el PDC (Línea de base 2007), muestran que la prevalencia de anemia infantil no es uniforme en las diferentes regiones del país; la mayor prevalencia de esta anemia se observa en niños de 6 a 23 meses de la región altiplánica (89%) (Grandy *et al.*, 2010).

Solo dos estudios han evaluado la deficiencia de Zn en niños bolivianos menores de 5 años. Uno de ellos, realizado en escolares del área rural, mostró una prevalencia de deficiencia de Zn de 61% (punto de corte $<80 \mu\text{gdL}^{-1}$) (Weisstaub *et al.*, 2004). El otro estudio, realizado en área urbana, encontró que el 32% de los niños eutróficos menores de 3 años tenían deficiencia de Zn (concentraciones de Zn menores a $10 \mu\text{molL}^{-1}$ en sangre) (Urquidi *et al.*, 2008).

La anemia ferropénica es la principal consecuencia de la deficiencia de Fe. No obstante, el Fe juega un papel importante en otras funciones del organismo. Se han descrito efectos adversos sobre el desarrollo psicomotor y cognitivo en niños y niñas menores de 2 años, sobre la capacidad de aprendizaje, la conducta, la condición física, mayor susceptibilidad a las

infecciones (principalmente de tracto respiratorio), disminución de la velocidad de crecimiento y un incremento en la mortalidad infantil (Grandy *et al.*, 2010).

Estudios realizados por Grandy *et al.* (2010), revelan que niños con deficiencia moderada de Zn presentan retraso en el crecimiento lineal, al igual que efectos adversos en el desarrollo neuroconductual y desarrollo psicomotor. La deficiencia de este mineral también produce un efecto negativo en la capacidad para detectar el sabor de los alimentos, por lo que se asocia a una disminución del apetito. La deficiencia de Zn también provoca un aumento de enfermedades respiratorias, digestivas y de la piel por una disminución en la respuesta inmune.

Diversas investigaciones realizadas (Woolfe, 1987; Burgos *et al.*, 2007; Bonierbale *et al.*, 2009) sugieren que se debe desarrollar valor agregado en la papa a través del mejoramiento de variedades o la biofortificación, como una alternativa para mejorar el estado nutricional en las comunidades andinas, donde las personas no pueden pagar o acceder a alimentos enriquecidos o suplementos vitamínicos (Bouis y Welch, 2010, Devaux *et al.*, 2012). Datos del CIP indican que la concentración media de Fe y Zn en las variedades de papa es de 4,7 mgkg⁻¹ y 3,5 mgkg⁻¹. La papa contribuye con 2,6 % y 3,2 % de los requerimientos dietéticos diarios de Fe y Zn (Ortiz, 2010).

Es de resaltar que el consumo de papa en Bolivia ha disminuido dramáticamente a 35,96 kg/porcápita/año en el 2009, frente a la cifra de 1995 que fue de 45,2 k/hab/año (Zeballos *et al.*, 2009). Esta cifra es muy baja respecto a lo que reportan a otros países como Perú con 80 kg/porcápita/año, Europa con 93,0 kg/porcápita/año y Bielorrusia con 338 kg/porcápita/año.

Por otra parte, Bonierbale *et al.* (2008) y Brown *et al.* (2010) reportaron valores altos de heredabilidad para Fe de 0.97 y 0.76, sugiriendo que es posible el incremento del contenido de Fe a través del mejoramiento genético. Para el caso del Zn, Bonierbale *et al.*, (2008) y Brown *et al.*, (2011) reportaron

valores de heredabilidad de 0,54 y 0,61. Estos investigadores encontraron que el clon con más alto contenido de Zn solo aportaba al 3% del requerimiento diario de un adulto, esto sugirió que al parecer la papa no es un buen candidato para el incremento de la ingesta de Zn.

La presente investigación tuvo como objetivo determinar el contenido de Fe y Zn en tubérculos de variedades y clones de papa provenientes de la cruce de variedades nativas y especies silvestres, como base del impacto potencial sobre la nutrición a través de mejoramiento genético de la papa.

Materiales y métodos

Material vegetal. En material utilizado fue colectado del campo al momento de la cosecha en el año 2012 en la zona de Tiraque en Cochabamba. La Tabla 1 muestra la genealogía y las características de resistencia de cada clon y variedades mejoradas a varios factores restrictivos (Gabriel *et al.*, 2011, Veramendi *et al.*, 2011).

Zona de recolección. La zona andina de la Provincia Tiraque, se ubica en el departamento de Cochabamba, entre los 17° 23' latitud sur y 66° 09' longitud oeste, a una altitud que varía desde los 2600 a 4200 msnm, con temperatura media de 15°C, una precipitación media de 600 mm año⁻¹ y HR de 70%.

Recolección y envío de muestras. En la cosecha se recolectaron 1 kg de tubérculos de papa de cada variedad en campos de agricultores, estas fueron guardadas en bolsas de papel madera de 30 x 40 cm y etiquetadas cuidadosamente para conservar su identidad y evitar mezclas. Luego se seleccionaron los tubérculos más sanos hasta lograr 500 g de muestra. Las muestras fueron enviadas en cajas de cartón al laboratorio del Instituto de Tecnología de Alimentos (I.T.A.) de la Universidad Mayor Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca (www.usfx.edu.bo/paginas/ita/) para la determinación del contenido de Fe y Zn.

Tabla 1. Atributos de resistencia a factores bióticos y abióticos restrictivos en variedades y clones de papa.

Variedad	Genealogía	Bióticos				Precocidad	Abióticos	
		Tizón	Verruga	<i>Nacobbus aberrans</i>	Globodera		Virus	Heladas
00-207-6a	sto x tbr	X	X					
00-210-9	adg x adg	X						
00-216-3	ajh x tbr	X						
00-218-7	adg x adg	X					X	X
00-218-24	adg x tbr	X						
00-219-5	adg x tbr	X	X			X	X	
00-219-19	adg x tbr	X				X		
00-330-14	adg x desconocido?	X				X		
Aurora	[(tbr x (tbr x sto)) x adg]	X	X		X	X		X
Chota Ñawi	380073.2 x [(sto x pls) (tbr x phu)]	X	X		X	X		
Isabel	[(tbr x adg) x adg] x [(sto x pls) x (tbr x adg)]	X	X	X		X		
Jaspe	(sto x pls) x (tbr x phu)	X		X		X		
Morita	[(tbr x adg) x adg] x [(tbr x (tbr x sto))]	X	X		X	X		
P'alta Chola	[(tbr x (tbr x sto))x [(adg x tbr) x tbr]	X	X		X	X		
Puyjuni Imilla	[(tbr x (tbr x sto)) x adg]	X	X		X	X		
Salomé	[tbr x (tbr x sto)]x (phu + gon)	X				X		
Tempranera	tbr x tbr	X	X			X	X	X
Victoria	(tbr x adg) x [(ajh x phu) x tbr]	X				X	X	X
Yungueñita	Yungay	X			X	X		

Leyendas: tbr=*Solanum tuberosum* (4x), adg=*S. andigena* (4x), sto=*S. stoloniferum* (4x), pls=*S. palustre* (2x), phu=*S. phureja* (2x), gon=*S. goniocalyx* (2x), ajh=*S. x ajanhuiri* (2x).

Análisis de minerales. Para determinar el contenido de Fe y Zn se utilizó la espectroscopia de Absorción Atómica (AA). Ésta técnica espectroscópica tiene como fundamento la absorción de radiación de una longitud de onda determinada por parte de átomos libres, por lo tanto existe la necesidad de liberar el analito de la matriz que lo contiene dentro de un medio gaseoso, en el cual los átomos individuales están separados unos de los otros. Consecuentemente, el primer paso en todos los procedimientos espectroscópicos es la atomización, un proceso en el cual la muestra es volatilizada y descompuesto para producir un gas atómico. Esta radiación es absorbida selectivamente por átomos que tengan niveles energéticos cuya diferencia en energía corresponda a la energía de los fotones incidentes (Herrero y Vigil, 2003).

El principio en que se fundamenta la AA se puede describir de la siguiente forma: cuando se hace pasar una disolución por una llama, los elementos presentes son parcialmente llevados a su forma atómica. Y si a través de la llama se hace pasar un haz de luz proveniente de una lámpara cuyo cátodo contiene el elemento que se desea determinar y que, por tanto, emite las líneas características de ese elemento, los átomos del elemento en cuestión presentes en la llama absorberán esa radiación obedeciendo leyes cuantitativas (Herrero y Vigil, 2003).

Condiciones para el análisis de muestra. Las condiciones ambientales de temperatura en los análisis estuvieron entre 16 a 18 °C y entre 26 a 51% de humedad relativa. Se analizó todo el tubérculo (sin pelar). Se realizaron dos lecturas por muestra. El análisis se hizo en mg/100 g en base húmeda, tanto para Fe como para Zn. Los datos fueron transformados posteriormente a mgkg^{-1} . No se realizó análisis en base seca. Tampoco se hizo ningún análisis de contaminantes como Al, Ti, Cr y otros.

Análisis estadísticos. En el estudio no se realizó un análisis de varianza para comparar las diferencias entre variedades porque no fueron sembradas bajo ningún diseño experimental.

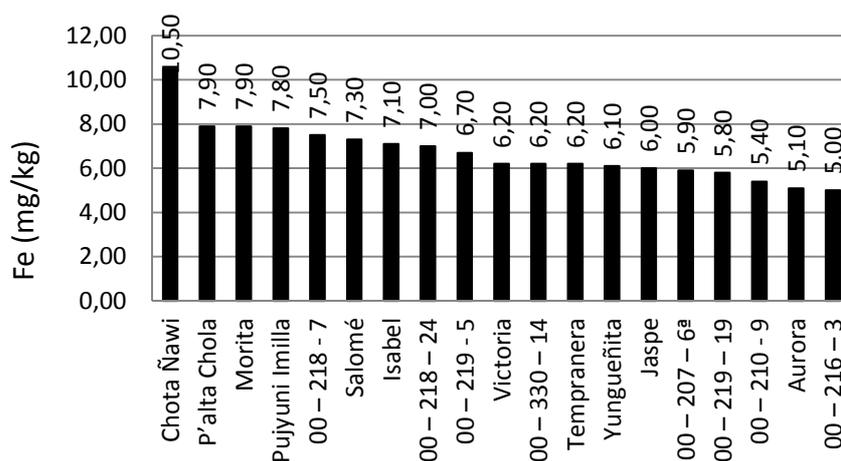
Se determinó el intervalo de confianza al 95% (IC) para las medias del contenido de Fe y Zn (Infante y Zárata de Lara, 1991).

También se realizó un análisis de correlación mediante la prueba de Pearson entre las concentraciones de Fe y Zn para la zona de Tiraque (SAS, 2004).

Resultados y discusión

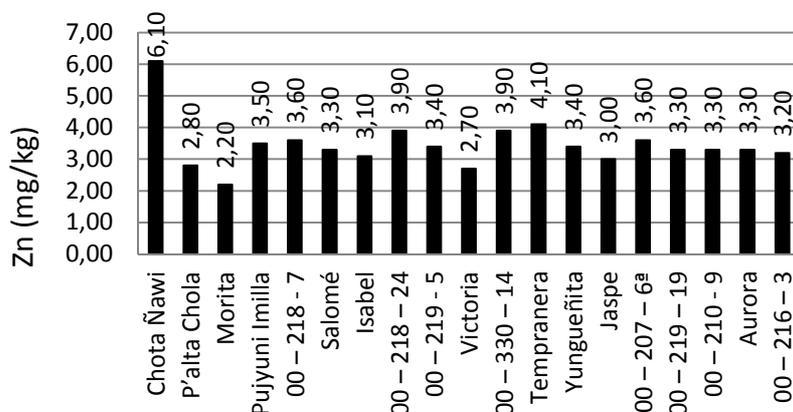
Las variedades Chota Ñawi con $10,50 \text{ mgkg}^{-1}$, P'alta Chola con $7,90 \text{ mgkg}^{-1}$, Morita con $7,90 \text{ mgkg}^{-1}$ y Puyjuni Imilla con $7,90 \text{ mgkg}^{-1}$, fueron las que más alto contenido de Fe mostraron (Figura 1).

Figura 1. Contendio de Fe (mgkg^{-1}) en 19 variedades y clones mejorados de papa.



Para Zn se observó que los mayores contenidos fueron para las variedades Chota Ñawi con $6,10 \text{ mgkg}^{-1}$, Tempranera con $4,10 \text{ mgkg}^{-1}$ y los clones 00-218-24 con $3,90 \text{ mgkg}^{-1}$, 00-330-14 con $3,90 \text{ mgkg}^{-1}$ (Figura 2).

Figura 2. Contenido de Zn (mgkg^{-1}) en 19 variedades y clones mejorados de papa.



Es notorio observar que la variedad Chota Ñawi fue la que tuvo los más altos contenidos para Fe y Zn (Figura 1 y 2). La genealogía de esta variedad incluye germoplasma de las especies nativas cultivadas tbr, phu y de las especies silvestres sto y pls, que estarían confiriendo rasgos de alto contenido de Fe y Zn. Esto confirmaría la capacidad genética de las variedades nativas para la biodisponibilidad de estos microelementos (Ordinola, 2012).

Niveles significativos de Fe y Zn y moderada disponibilidad de Fe fueron reportados en papa (True *et al.*, 1978, Casañas *et al.*, 2003, Fair Weather-Tait, 2003) y en Perú se reportó una concentración media de $4,7 \text{ mgkg}^{-1}$ de Fe y $3,5 \text{ mgkg}^{-1}$ de Zn en cultivares de papa (Ortiz, 2010). En nuestro estudio, hemos encontrado concentraciones medias de Fe más altas tal como se observa en la Figura 1. Para Zn, se encontró una concentración media superior a la reportada por Burgos *et al.* (2007). Pero estos niveles de concentración pueden incrementarse más aún a través de la mejora genética, como lo indican Burgos *et al.* (2007), aunque esto aún está en discusión (Brown *et al.*, 2011). Estos autores reportaron contenidos superiores de $8,6 \text{ mgkg}^{-1}$ de Fe y de $5,3 \text{ mgkg}^{-1}$ de Zn en germoplasma de papa nativa.

Con los niveles observados en este estudio, las mujeres y niños de las comunidades donde se realizaron las colectas podrían incrementar su ingesta de Fe significativamente a través del consumo de la variedad Chota Ñawi. Estudios anteriores sugirieron que debido a los niveles altos de ácido ascórbico (promotor de la absorción de Fe) y niveles bajos de ácido fítico (inhibidor de la absorción de Fe) en papa, la biodisponibilidad de Fe es moderadamente alta (Fair Weather-Tait, 2003). Sin embargo, para que la variedad Chota Ñawi esté disponible y sea utilizada a gran escala se requiere desarrollar un programa más organizado de producción de semilla de calidad.

El IC al nivel de 95% para Fe es (6,06 a 7,36) por lo que se concluye que el contenido promedio de Fe de todos los cultivares se encuentra entre estos límites. Para Zn el IC al nivel de 95% es (3,07 a 3,85), lo que indica que el contenido promedio de Zn de todos los cultivares evaluados se encuentra entre los límites indicados (Tabla 2).

Tabla 2. Intervalos de confianza (I.C.) al 95% del contenido de Fe y Zn en variedades y clones mejorados de papa.

Micronutrientes	N	Desviación	Promedio	I.C. (95%) mgkg ⁻¹
Fe	19	1,29	6,72	6,06 a 7,36
Zn	19	0,78	3,46	3,07 a 3,85

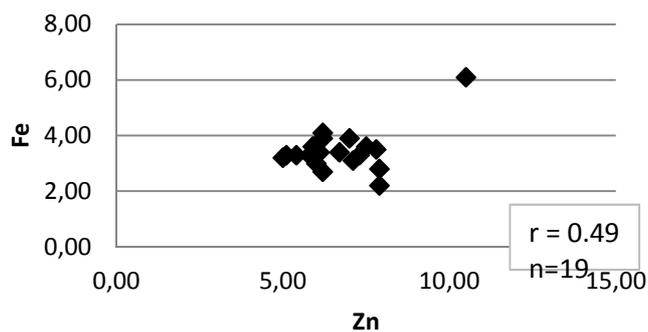
El nivel de concentración de Fe encontrado en la variedad Chota Ñawi podría suplir el 25% del consumo diario de Fe recomendado para niños de entre 1 a 3 años (6 mgdía⁻¹) y el 21% del consumo diario de Fe recomendado para mujeres en edad fértil (29 mgdía⁻¹) (FAO, 2001), considerando una ingesta diaria promedio de papa de 200 y 800 g para niños y mujeres respectivamente.

Para el Zn, el consumo diario de Chota Ñawi supliría el 15 y 18% respectivamente del consumo diario recomendado de Zn

para niños entre 1 a 3 años ($4,1 \text{ mgdía}^{-1}$) y el 51 y 61% del consumo diario recomendado para mujeres en edad fértil ($4,9 \text{ mgdía}^{-1}$) (FAO, 2001).

El análisis de correlación mediante la prueba de Pearson ($Pr < 0,05$) mostró una correlación moderada, positiva y significativa ($r = 0,49$) entre el contenido de Fe y Zn para todas las localidades (Figura 3). Burgos *et al.* (2007) reportaron correlaciones positivas entre 0,52 y 0,54 para dos zonas altas productoras de papa nativa del Perú. La correlación encontrada sugiere que se podrían realizar selecciones simultáneas de los mejores niveles de ambos microelementos en las variedades y clones que se evalúen, pero se debe tomar en cuenta el contenido de materia seca, factor clave para la alta productividad, como sugieren Burgos *et al.* (2007).

Figura 3. Correlación del contenido de Fe (mgkg^{-1}) y Zn (mgkg^{-1}) de variedades y clones mejorados de papa, en todas las localidades de recolección.



Agradecimientos

Se agradece el apoyo económico del proyecto de “Innovación para la seguridad y la soberanía alimentaria en la región andina” (IssAndes) para la realización de la presente investigación.

Bibliografía consultada

Bonierbale, M.; W. Amoros; E. Salas; M. Cáceres. 2008. Valor agregado y nutricional de la papa nativa. Páginas 73-76 *in* Memoria III Congreso Iberoamericano en Patata Vitoria Gasteiz, España.

Bonierbale, M.; W. Gruneberg; W. Amoros; G. Burgos; E. Salas; E. Porras; T. Zum Felde. 2009. Total and individual carotenoid profiles in *Solanum phureja* cultivated potatoes: II. Development and application of near-infrared reflectance spectroscopy (NIRS) calibrations for germplasm characterization. *J Food Comp Anal* 22: 509–516.

Bouis H.E. and R.M. Welch. 2010. Biofortification: A sustainable agricultural strategy for reducing micronutrient malnutrition in the Global South. *Crop Sci* 50:20-32.

Boy, E.; V. Mannar; C. Pandav; B. de Benoist; F. Viteri; O. Fontaine; C. Hotz. 2009. Achievement, challenges, and promising new approaches in vitamin and mineral deficiency control. *Nutrition Rev* 67: S24-S30.

Brown, C.; K. Haynes; M. Moore; M. Pavek; D. Hane; S. Love; R. Novy; C. Miller. 2010. Stability and Broad sense Heritability of mineral content in potato iron. *Am J potato Res* 87: 390-396.

Brown, C.; K. Haynes; M. Moore; M. Pavek; D. Hane; S. Love; R. Novy; C. Miller. 2011. Stability and Broad sense Heritability of mineral content in potato zinc. *Am J potato Res* 88: 238-244.

Burgos, G.; W. Amoros; M. Morote; J. Stangoulis; M. Bonierbale. 2007. Iron and zinc concentration of native Andean

potato cultivars from a human nutrition perspective. *J Sci Food Agric* 87:668–675.

Casañas, R.; P. Suarez; E. Rodriguez; J. Darías; C. Diaz. 2003. Mineral concentration in cultivars of potatoes. *Food Chem* 83:247–253.

Devaux, A.; J. Andrade-Piedra, M. Ordinola; C. Velasco; G. Hareau; G. López; A. Rojas; P. Kromann. 2012. La Papa y la seguridad alimentaria en la región andina: situación actual y desafíos para la innovación. *Revista COSUDE*: 46 –49.

Fair Weather –Tait, S. 2003. Studies on the availability of iron in potatoes. *Brit J Nutrition* 50:15–23.

FAO/WHO. 2001. Human Vitamin and Mineral Requirements. Report of a joint FAO/WHO expert consultation Bangkok, Thailand. p. 281.

Gabriel, J.; R. Pereira; A. Gandarillas. 2011. Catálogo de nuevas variedades de papa en Bolivia. Fundación PROINPA, Cochabamba, Bolivia. 55 p.

Grandy, G.; G. Weisstaub; D. López de Romaña. 2010. Deficiencia de hierro y zinc en niños. *Revista Sociedad Boliviana Pediatría* 49 (1): 25-31.

Herrero, E. y A. Vigil. 2003. Metodología recomendada para la medición del contenido de zinc en especímenes biológicos. *Quím Clínica* 22 (1) 13-18.

Infante, S. y G.P. Zarate de Lara. 1991. Métodos estadísticos: Un enfoque interdisciplinario. Trillas, México D.F., México. 643 p.

OPS, 2007. Organización Panamericana de la Salud. Desnutrición afecta al 23% de los niños; Gobierno busca erradicarla. Está impulsando el Plan Desnutrición Cero en 52 municipios del país. Artículo publicado en *El deber* agosto 2007. Disponible on line:

<http://www.ops.org.bo/servicios/?DB=B&S11=12> 883&SE=SN.
(Revisado: Octubre 10, 2013).

Ordinola, M. 2012. Mejorar la seguridad nutricional con la ayuda de la agricultura: El caso de las papas nativas. *AgroEnfoque* (184): 17-19.

Ortiz, R. (Ed.). 2010. La Biofortificación de los cultivos para combatir la anemia y las deficiencias de micronutrientes en el Perú. Programa Mundial de Alimentos (PMA), Lima, Perú. 39 p.

Urquidi, C.; C. Vera; N. Trujillo; H. Mejía. 2008. Prevalencia de Anemia en niños de 6 a 24 meses de edad de tres Centros de Salud de la Ciudad de La Paz. *Rev Chil Pediatr* 79:327-31.

SAS Institute Inc. 2004. SAS/STAT Users Guide, Version 9.2, Fourth Edition, Vol. 2, Cary, N.C.

True, R.H.; J.M. Hogan; J. Augustin; S.R. Johnson; C. Teitzel; R.B. Toma; R.L. Shaw. 1978. Mineral composition of freshly harvested potatoes. *Am Potato J* 55: 511–519.

Veramendi, S.; M. Baldelomar; A. Terán; J. Gabriel. 2011. Marcadores moleculares asociados a genes/QTLs de resistencia para factores bióticos en nuevas variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) de Bolivia. *Revista Latinoamericana de la Papa* 16 (2): 209 - 232.

Weisstaub, G.; M. Bustos; M. Olivares; C. Castillo-Duran; M Araya. 2004. Evaluación nutricional de hierro, cobre y zinc en escolares de Tacopaya, Bolivia. *Rev Soc Bolivia Pediatr* 43:77–80

White, P. J. and M.R. Broadley. 2009. Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets – iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine. *New Phytologist* 182: 49-84.

Woolfe, J. A. 1987. The potato in the human diet. Cambridge: Cambridge University Press. 231 p.

Zeballos, H.; F. Balderrama; B. Condori; J. Blajos. 2009. Economía de la papa en Bolivia (1998-2007). Fundación PROINPA, Cochabamba, Bolivia. 129 p.