



Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias

Fecha de Presentación: Agosto – 2013

Estación Experimental: Santa Catalina

Programa / Departamento: Programa Nacional de Raíces y Tubérculos rubro papa (PNRT – papa).

Proyecto: Fortalecimiento de la Innovación Agrícola Pro – pobre para la seguridad alimentaria (IssAndes).

Título: Efecto de la variación genética y ambiental sobre el contenido de hierro, zinc y vitamina C en genotipos de papa (*Solanum tuberosum*).

Ubicación:

Provincia:	Pichincha	Cotopaxi	Chimborazo
Cantón:	Mejía	Latacunga	Riobamba
Parroquia:	Cutuglahua	Aláquez	San Juan

Autor: David Enrique Ortega Ruiz

Coautor (es): Jorge Rivadeneira
Xavier Cuesta

Colaboradores: Departamento de Manejo de Suelos y Aguas (DMSA)
Departamento de Nutrición y Calidad (DNC)

Fecha de inicio: Agosto – 2013

Fecha de terminación: Julio – 2014

Fuente(s) de Financiamiento:

FUENTE	MONTO USD	PORCENTAJE
IssAndes	8620.16	84 %
INIAP	1153.26	6 %
TESISTA	488.67	10 %

Presupuesto: Total \$10262.26

1. ANTECEDENTES

Desde el punto de vista nutricional la papa es rica en carbohidratos, este componente representa en promedio el 75 % del total del contenido de materia seca del tubérculo (Storey, 2007), tiene un buen balance de aminoácidos, vitamina B6, B1 y folato (Cuesta, 2012), también es fuente importante de minerales como Cu, P, K, Fe, Zn, Mg, Mn y antioxidantes como antocianinas, carotenoides y flavonoides que pueden contribuir en la prevención de enfermedades degenerativas y las relacionadas con la edad avanzada (Brown, 2005).

En provincias como Chimborazo, Bolívar y Cotopaxi las tasas de desnutrición crónica bordean el 50 % (MIES, 2012). Se estima que en el Ecuador el 70 % de niños y niñas menores de un año sufren de anemia por carencia de hierro (UNICEF, 2012). La falta de este mineral incluye problemas en el desarrollo físico cognitivo y aumento del riesgo de mortalidad infantil (CIP, 2010). Asimismo la deficiencia de zinc afecta a mujeres en edad fértil y niños (Grupo de Evaluación Independiente del Banco Mundial, 2009) y ocasiona retraso del crecimiento, incremento de la morbilidad en enfermedades infecciosas, como diarrea y neumonía, principalmente en los dos primeros años de vida (Grandy *et al.*, 2008). Por otro lado la carencia de vitamina C provoca una serie de trastornos cardiovasculares, inclusive enfermedades cardíacas, hipertensión y derrames cerebrales (www.nutri-facts.org), sin embargo, una ingesta suficiente de vitamina C según reportes de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura influye en la reducción de la anemia por carencia de hierro (FAO, 2008).

En cuanto al contenido de micronutrientes una papa de tamaño mediano, aporta con el 26 % del requerimiento diario de cobre, del 17 al 18 % de potasio, fósforo, hierro, y entre el 5 al 13 % de zinc, magnesio, y manganeso (Cuesta, 2013). Con relación a la vitamina C una papa cocida de 100 gramos, consumida con su piel, aporta entre 17-20 % de las necesidades diarias del adulto (Burgos *et al.*, 2007). La biodisponibilidad de hierro en la papa es mayor que en otras especies vegetales, debido al alto contenido de vitamina C, que promueve la absorción de hierro y los niveles bajos de ácido fítico el cual es un inhibidor del mismo micronutriente (CIP, 2010).

Según Burgos *et al.*, (2007), la concentración de hierro y zinc en papas cultivadas en dos ambientes en el Perú revelaron una variación significativa debido al efecto del ambiente y a su interacción con el genotipo. Esta interacción es una de las principales preocupaciones de los mejoradores porque reduce el progreso en la selección de los genotipos deseados (DeLacy *et al.*, 1996) y porque hace difícil interpretar los efectos del genotipo y ambiente individualmente debido a la interacción genotipo por ambiente. Por lo tanto entender el efecto del genotipo, el ambiente y su interacción sobre los contenidos nutricionales de la papa es necesario para poder seleccionar más eficientemente los genotipos con un comportamiento más estable en los diferentes ambientes (Gutiérrez, 2010).

Con estos antecedentes el Programa Nacional de Raíces y Tubérculos rubro-papa (PNRT-papa) en el ciclo anterior realizó un análisis preliminar sobre contenidos de hierro y zinc en clones del programa de mejoramiento, de los cuales se seleccionaron aquellos con los mayores contenidos (Rivadeneira y Cuesta, 2012) los cuales fueron incluidos en ésta investigación Además se incluirán variedades mejoradas con altos contenidos de hierro y zinc como INIAP-Natividad e INIAP-Puca Shungo (Chávez, 2013).

2. JUSTIFICACIÓN

La papa es de alto consumo especialmente en la Sierra del Ecuador; sin embargo sus características nutricionales no han sido completamente reconocidas ni su potencial para combatir la desnutrición, por lo tanto, el mejoramiento de las concentraciones y la biodisponibilidad de hierro y zinc en la papa podría tener un verdadero impacto especialmente en las áreas rurales.

En el país existe una gran diversidad genética con relación al contenido nutricional de la papa lo cual puede ser aprovechado para el desarrollo de nuevas variedades con mayores contenidos nutricionales, las que podrían ser alternativas para combatir la desnutrición especialmente en niños y mujeres embarazadas. La identificación y selección de genotipos con altos contenidos de estos micronutrientes son la base para futuros trabajos de mejoramiento debido a que servirá para generar progenitores y clones avanzados que podrían ser seleccionados como futuras variedades con altos contenidos de hierro y zinc.

3. OBJETIVOS

3.1 General

- Evaluar el efecto de la variación genética y ambiental sobre el contenido de hierro, zinc y vitamina C en genotipos de papa (*Solanum tuberosum*).

3.2 Específicos.

- Medir el efecto ambiental sobre los contenidos de hierro, zinc y vitamina C.
- Estudiar la heredabilidad en sentido amplio para contenidos de hierro, zinc y vitamina C.
- Identificar genotipos de papa con altos contenidos de hierro, zinc y vitamina C para trabajos de biofortificación.

4. HIPÓTESIS

4.1 Hipótesis nula

- La variación genética y ambiental no afecta el contenido de hierro, zinc y vitamina C en genotipos de papa.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Material biológico

Diez clones promisorios del programa de mejoramiento y dos variedades mejoradas seleccionados por presentar altos contenidos de hierro y zinc (Cuadro 1).

Cuadro 1. Clones y variedades a usarse en el estudio del efecto de la variación genética y ambiental sobre el contenido de hierro, zinc y vitamina C en genotipos de papa (*Solanum tuberosum*).

Genotipos	Interpretación
G1	97-25-3
G2	98-2-6
G3	98-38-12
G4	07-46-8
G5	07-40-1
G6	07-32-1
G7	07-32-15
G8	07-32-14
G9	07-28-2
G10	07-24-18
G11	INIAP-Natividad
G12	INIAP-Puca Shungo

5.2. Materiales y equipos de campo

- Estacas
- Flexómetro
- Tractor
- Bomba de mochila
- Fertilizantes
- Pesticidas
- Letrero
- GPS
- Sensor de temperatura
- Pluviómetro

5.3. Materiales y equipos de oficina.

- Calculadora
- Computadora
- Hojas para impresión
- Libro de campo
- Cámara fotográfica

5.4. Características del sitio experimental

5.4.1. Ubicación.

Cuadro 2. Ubicación de los sitios experimentales para el estudio del efecto de la variación genética y ambiental sobre el contenido de hierro, zinc y vitamina C en genotipos de papa (*Solanum tuberosum*).

Ubicación	Localidad 1	Localidad 2	Localidad 3
Provincia	Pichincha	Cotopaxi	Chimborazo
Parroquia	Cutuglahua	Aláquez	San Juan
Longitud	78°33' O	78°37' O	78°47' O
Latitud	00°22' S	00°53' S	01°38' S
Altitud m.s.n.m.	3058	2859	3500

Fuente: Información obtenida por GPS en el sitio

5.4.2. Características agroclimáticas

Cuadro 3. Características agroclimáticas de los sitios experimentales para el estudio del efecto de la variación genética y ambiental sobre el contenido de hierro, zinc y vitamina C en genotipos de papa (*Solanum tuberosum*).

Características Agroclimáticas	Localidad 1	Localidad 2	Localidad 3
Temperatura promedio anual (°C)	12.0	12.6	10.5
Precipitación promedio anual (mm)	1432	450	750
Humedad relativa promedio anual (%)	79.0 ¹	60.0 ²	70.0 ³
Textura de suelo	Franco arcilloso	Franco arenoso	Franco limoso
Topografía	Plana	Plana	Plana

¹Fuente: www.iniap.gob.ec

²Fuente: www.eltiempo24.es

³Fuente: dspace.espoch.edu.ec

5.5. Factores en estudio

5.5.1. Genotipos de papa (G)⁴

- 97-25-3
- 98-2-6
- 98-38-12
- 07-46-8
- 07-40-1
- 07-32-1
- 07-32-15
- 07-32-14
- 07-28-2
- 07-24-18
- INIAP-Natividad
- INIAP-Puca Shungo

5.5.2. Localidades (L)

- Cutuglahua (L1)
- Aláquez (L2)
- San Juan (L3)

5.6. Tratamientos

Los tratamientos en estudio resultarán de la combinación de los 2 factores en estudio (Cuadro 4)

⁴ Los dos primeros dígitos representan el año cuando se seleccionó el clon, los siguientes dígitos representan la familia y el último significa el número del segregante.

Cuadro 4. Tratamientos para el estudio del efecto de la variación genética y ambiental sobre el contenido de hierro, zinc y vitamina C en genotipos de papa (*Solanum tuberosum*).

Tratamientos	Código	Interpretación
1	G1 x L1	97-25-3 x Cutuglahua
2	G2 x L1	98-2-6 x Cutuglahua
3	G3 x L1	98-38-12 x Cutuglahua
4	G4 x L1	07-46-8 x Cutuglahua
5	G5 x L1	07-40-1 x Cutuglahua
6	G6 x L1	07-32-1 x Cutuglahua
7	G7 x L1	07-32-15 x Cutuglahua
8	G8 x L1	07-32-14 x Cutuglahua
9	G9 x L1	07-28-2 x Cutuglahua
10	G10 x L1	07-24-18 x Cutuglahua
11	G11 x L1	INIAP-Natividad x Cutuglahua
12	G12 x L1	INIAP-Puca Shungo x Cutuglahua
13	G1 x L2	97-25-3 x Aláquez
14	G2 x L2	98-2-6 x Aláquez
15	G3 x L2	98-38-12 x Aláquez
16	G4 x L2	07-46-8 x Aláquez
17	G5 x L2	07-40-1 x Aláquez
18	G6 x L2	07-32-1 x Aláquez
19	G7 x L2	07-32-15 x Aláquez
20	G8 x L2	07-32-14 x Aláquez
21	G9 x L2	07-28-2 x Aláquez
22	G10 x L2	07-24-18 x Aláquez
23	G11 x L2	INIAP-Natividad x Aláquez
24	G12 x L2	INIAP-Puca Shungo x Aláquez
25	G1 x L3	97-25-3 x San Juan
26	G2 x L3	98-2-6 x San Juan
27	G3 x L3	98-38-12 x San Juan
28	G4 x L3	07-46-8 x San Juan
29	G5 x L3	07-40-1 x San Juan
30	G6 x L3	07-32-1 x San Juan
31	G7 x L3	07-32-15 x San Juan
32	G8 x L3	07-32-14 x San Juan
33	G9 x L3	07-28-2 x San Juan
34	G10 x L3	07-24-18 x San Juan
35	G11 x L3	INIAP-Natividad x San Juan
36	G12 x L3	INIAP-Puca Shungo x San Juan

5.6.1. Unidad experimental

La unidad experimental será una parcela de 13.20 m² (4.4 x 3 m), constituida por 40 plantas. La parcela neta de evaluación será de 5.28 m² (2.2 x 2.4) eliminando una planta de los extremos de los surcos centrales.

5.7. Análisis estadístico

5.7.1. Diseño experimental

Se realizará un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones por localidad. Para el análisis entre localidades se realizará un análisis combinado.

5.7.2. Características del experimento en cada localidad (Anexo 1).

- Número de parcelas por repetición: 12
- Número de parcelas por localidad: 36
- Área total del ensayo: 715.00 m² (28.60 x 25.00 m)
- Área de parcela por tratamiento: 13.20 m² (4.4 x 3 m)
- Área de parcela neta: 5.28 m² (2.2 x 2.4 m)
- Ancho de calles: 1.10 m
- Distancia de siembra: 0.3 m entre plantas y 1.10 m entre surcos
- Número de surcos por parcela: 4
- Número de plantas por surco: 10
- Número de plantas por parcela: 40
- Número de tubérculos por sitio: 1 tubérculo (30-60 g)
- Número de tubérculos por surco: 10
- Número de tubérculos por parcela: 40

Cuadro 5. Esquema del análisis de la varianza por localidad

Fuentes de variación	Grados de Libertad
Total	35
Repeticiones	2
Genotipos	11
Clones	9
Variedades	1
Clones vs Variedades	1
Error	22

Cuadro 6. Esquema del análisis de la varianza combinado entre localidades.

Fuentes de variación	Grados de Libertad
Total	107
Repeticiones/Localidad	2
Localidades (L)	2
Genotipos (G)	11
Clones	9
Variedades	1
Clones vs Variedades	1
L x G	22
Error	70

5.7.3. Análisis funcional

Se aplicará la prueba de significación Tukey al 5% y DMS al 5 % para los factores y las interacciones que sean significativas.

5.8. Variables y métodos de evaluación

5.8.1. Variables agronómicas

5.8.1.1. Días a la emergencia

Esta variable se evaluará desde la siembra hasta que el 80 % de plantas hayan emergido y se contará el número de plantas emergidas en relación al número de tubérculos sembrados, se expresará el valor en porcentaje (Cuesta, 2008).

5.8.1.2. Vigor

Esta variable se evaluará en la fase de floración tomando en cuenta aspectos generales de la planta como: sanidad, diámetro de tallo y altura de planta. Se utilizará la siguiente escala (Cuesta, 2008):

- | | |
|---|-------------------------|
| 1 | Poco vigor (< 5 mm) |
| 3 | Medio vigor (5 – 10 mm) |
| 5 | Vigorosa (> 10 mm) |

5.8.1.3. Cobertura de planta

Se evaluará en la fase de floración y se medirá la distancia entre los extremos de las hojas ubicadas de forma transversal al surco y se expresará el resultado en centímetros. Se utilizará la siguiente escala (Cuesta, 2008):

- | | |
|---|--------------------|
| 1 | Regular (< 0.5) |
| 3 | Bueno (0.5-1.0) |
| 5 | Muy bueno (> 1.10) |

5.8.1.4. Días a la madurez fisiológica

Se evaluará madurez fisiológica de la planta tomando en cuenta los días transcurridos desde la siembra hasta que la planta presente un cambio de coloración de verde a amarillo – café y en algunos casos se presente acame y se utilizará la escala descrita por (Cuesta, 2008), donde 1 es precoz y 9 tardía.

5.8.1.8. Rendimiento y número de tubérculos por planta

En el momento de la cosecha se tomarán todas las plantas de la parcela neta, se registrará los datos del peso de tubérculos por planta y también se contabilizará su número de tubérculos (INIAP/PNRT-papa, 2006).

5.8.2. Variables de calidad nutricional

5.8.2.1. Materia seca

Se utilizará la metodología propuesta por Bonierbale *et al.*, (2007) para lo cual se cortarán en hojuelas o en pequeños cuadrados 5 tubérculos, se mezclará completamente y se tomará una muestra de aproximadamente 200 gramos. Luego se colocará la muestra en un recipiente metálico o una funda de papel y se ubicará sobre una balanza encerada, se determinará el peso exacto de cada muestra y se registrará el peso fresco. Después se colocará en una estufa a 82 °C por 72 horas o hasta tener un peso seco constante. Inmediatamente se pesará cada muestra y se registrará el peso seco. Finalmente se calculará el porcentaje de materia seca de cada muestra y se utilizará la siguiente fórmula:

$$\% MS = \frac{Pms}{Pmh} \times 100$$

Donde:

$\% MS$ = Porcentaje de materia seca
 Pms = Peso de la muestra seca
 Pmh = Peso de la muestra húmeda

5.8.2.2. Contenido de hierro

A la cosecha se tomará una muestra de 0.5 kg de cada genotipo por repetición y por localidad libre de patógenos será lavada, secada y colocada en una funda de papel y se enviará al laboratorio del Departamento de Manejo de Suelos y Aguas (DMSA) de la Estación Experimental Santa Catalina (EESC) del INIAP para su análisis. Se utilizará la metodología descrita en el (Anexo 2).

5.8.2.3. Contenido de zinc

A la cosecha se tomará una muestra de 0.5 kg de cada genotipo por cada repetición y por localidad, serán enviadas al laboratorio del DMSA de la EESC del INIAP para su análisis siguiendo las mismas consideraciones de aseo y sanidad que para el análisis de contenido de hierro. Se utilizará la metodología descrita en el (Anexo 2).

5.8.2.4. Contenido de aluminio y cromo

El contenido de aluminio y cromo en las muestras sirve como indicador de contaminación del suelo por este elemento (Burgos *et al.*, 2007). Por lo tanto a la cosecha se tomará una muestra de 0.5 kg de cada genotipo por repetición y por localidad para su análisis en el laboratorio del DMSA de la EESC del INIAP. Se utilizará la metodología descrita en el (Anexo 2).

5.8.2.6. Contenido de vitamina C

Una muestra de 1.0 kg de cada genotipo por repetición y por localidad libre de patógenos será lavada, secada y colocada en una funda de papel y se enviará al laboratorio del Departamento de Nutrición y Calidad (DNC) de la (EESC) del INIAP para su análisis. Se utilizará la metodología descrita en el (Anexo 3).

5.8.3. Heredabilidad en sentido amplio

Para medir el efecto genético y ambiental sobre los contenidos de hierro, zinc y vitamina C de los genotipos se realizará la determinación de la heredabilidad a partir del cálculo de la relación entre la varianza genética y fenotípica según (Holland *et al.*, 2003):

$$H = \frac{\sigma^2_G}{\left[\sigma^2_G + \left(\frac{\sigma^2_{GE}}{e} \right) + \frac{\sigma^2_e}{re} \right]}$$

Donde:

σ^2_G = Cuadrado medio de la varianza genotípica

σ^2_{GE} = Cuadrado medio de la varianza interacción (genotipo x ambiente)

σ^2_e = Cuadrado medio del error

r = número de repeticiones

e = número de ambientes (localidades)

6. MÉTODOS ESPECÍFICOS DE MANEJO DEL EXPERIMENTO

6.1. Preparación del terreno

Se realizarán las siguientes labores de preparación del suelo: dos aradas, la primera para la incorporación de los rastrojos del cultivo anterior y la segunda arada a los 15 días después de la primera. Posteriormente se pasará una rastra de 10 a 15 cm de profundidad y finalmente se surcará a una distancia de 1.10 m entre hileras.

6.2. Siembra

Se colocará un tubérculo por sitio a una distancia de 0.30 m y 1.10 entre surcos. La semilla tendrá un tamaño entre 30-60 g (Villavicencio y Vásquez, 2008).

6.3. Fertilización

Para determinar la cantidad y tipo de fertilizante a aplicarse se considerarán los resultados del análisis de suelo. La fertilización con los elementos fósforo y potasio en su totalidad se realizará al momento de la siembra, aplicando al fondo del surco a chorro continuo. El nitrógeno se aplicará de forma fraccionada: la primera mitad se colocará en conjunto con el fósforo y potasio al momento de la siembra y el restante se aplicará al medio aporque (40 o 50 días después de la siembra) (Valverde, 2002).

6.4. Control de malezas

Para el control de malezas se aplicará herbicidas postemergentes a los 8 días después de la siembra utilizando Metribuzina 0.35 kg/ha.

6.5. Controles fitosanitarios

Se realizarán aplicaciones fitosanitarias utilizando productos preventivos o curativos, con la aparición de los primeros síntomas de plagas y enfermedades. En caso de la presencia de “Tizón Tardío” (*Phytophthora infestans*) se aplicará Cymoxanil+Mancozeb 2.5 kg/ha. Para polillas (*Symmetrischema tangolias* y *Tecia solanivora*) se realizará una previa desinfección de la semilla con Profenofos 2.0 cc/l. Para gusano blanco (*Premnotrypes vorax*) se realizará el control mediante la colocación de trampas combinado con aplicaciones foliares de Profenofos 2.5 g/l de agua (Gallegos, 2002).

6.6. Labores culturales

Se realizará el rascadillo manualmente cuando las plantas tengan de 10 a 15 cm de altura, esta labor permite la aireación del suelo. El medio aporque se realizará de forma manual entre los 40 a 50 días después de la siembra dependiendo del desarrollo vegetativo de los genotipos (en éste momento se efectuará la fertilización complementaria con nitrógeno). Se realizará la labor de aporque entre los 50 y 70 días después de la siembra, dependiendo del desarrollo de las plantas (Pumisacho y Velásquez, 2009).

6.7. Cosecha

La cosecha se realizará de forma manual cuando las plantas alcancen la madurez fisiológica.

8. PRESUPUESTO

Cuadro 7. Presupuesto para el estudio del efecto de la variación genética y ambiental sobre el contenido de hierro, zinc y vitamina C en genotipos de papa (*Solanum tuberosum*).

RUBROS	UNIDAD	CANTIDAD	Precio Unitario (USD)	TOTAL (USD)
INSUMOS				
Semilla	qq	13	30.00	390.00
Fertilizantes				
10-30-10	qq	2	32.50	65.00
Úrea	qq	2	30.00	60.00
Preparación del suelo				
Arada, rastrada y surcada	Hora	24	15.00	360.00
Jornales	Jornal	9	15.00	135.00
Subtotal				1010.00
MATERIALES DE OFICINA				
Papel bond	Resma	3	4.50	13.50
Libreta de apuntes	Unidad	3	0.60	1.80
Carpetas	Docena	1	2.40	2.40
Impresiones	Hojas	300	0.05	15.00
Anillados	Unidad	5	2.00	10.00
Empastado	Unidad	5	20.00	100.00
Subtotal				142.70
MATERIALES DE CAMPO				
Jabas	Unidad	20	18.00	360.00
Hobo	Unidad	1	135.00	135.00
Bolsas de papel	Ciento	5	2.00	10.00
Subtotal				505.00
MOVILIZACIÓN				
Combustible	Galón	100	1.10	110.00
Subsistencia	Subsistencia	12	35.00	420.00
Subtotal				530.00
OTROS				
Análisis de suelos	Muestra	3	22.00	66.00
Análisis de hierro, zinc, aluminio y cromo	Muestra	432	4.12	1780.00
Análisis de vitamina C	Muestra	108	5.04	544.32
Aranceles Facultad	Trámite tesis	1	500.00	500.00
Visita de Tesis	Visita	1	100.00	100.00
Beca tesista	Mensual	12	382.95	4595.40
Subtotal				7585.72
TOTAL				9773.42
IMPREVISTOS				
Imprevistos (5 %)				488.67
TOTAL				10262.09

8.1. Fuentes de financiamiento

En base al costo total por ciclo de cultivo, las fuentes de financiamiento y el aporte correspondiente a cada una de ellas, son las siguientes:

FUENTE	MONTO (USD)	PORCENTAJE
IssAndes	8620.16	84 %
INIAP	1153.26	6 %
TESISTA	488.67	10 %
TOTAL	10262.09	100 %

BIBLIOGRAFÍA

1. BONIERBALE, M.; DE HANN, S.; & FORBES, A. 2007. Procedimientos para pruebas de evaluaciones estándar de clones avanzados de papa. Guía para Cooperadores Internacionales. Apartado 1558, Lima 12, Perú.
2. BROWN, C. 2005. Antioxidants in potato. *American Journal of Potato Research*, 82, 163-172.
3. BURGOS, G.; AMOROS, W.; MOROTE, M.; STANGOULIS, J.; BONIERBALE, M. 2007. Iron and zinc concentration of native andean potato varieties from a human nutrition perspective. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 87 (4): 668-675.
4. CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA (CIP). 2010. La biofortificación con hierro aumenta popularidad de la papa en las comunidades pobres. Extraído del Informe Anual CIP-2010. Consultado 12 mar. 2013. Disponible en: www.cipotato.org.
5. CHÁVEZ, D. 2013. Evaluación del comportamiento agronómico, calidad nutricional y poscosecha de nueve cultivares nativos y mejorados de papa (*Solanum tuberosum*) en dos localidades de la Sierra Ecuatoriana. Quito Pichincha. Tesis Ing. Agr. Quito, EC. Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas. 85 p.
6. CUESTA, X. 2008. Guía para el manejo y toma de datos de ensayos de mejoramiento de papa. INIAP-PNRT-Papa.
7. CUESTA, X. 2012. Valor Nutritivo de la Papa. *Revista Informativa INIAP*. Ecuador. Edición 2012 (7): 5
8. CUESTA, X. 2013. Ministerio Coordinador de Conocimiento y Talento Humano. INIAP difunde el valor nutritivo de la papa y su contribución a la salud. Consultado el 08 de Julio del 2013. Disponible en: <http://www.conocimiento.gob.ec/iniap-difunde-el-valor-nutritivo-de-la-papa-y-su-contribucion-a-la-salud/>

9. DELACY, L.; COOPER, M.; BASFORD, E. 1996. Relationships among analytical methods used to study genotype-by-environment interactions and evaluation of their impact on response to selection. En *Genotype-by-Environment Interaction*. Kang, M. S. y Gauch H. G. eds. CRC press, New York. E.U.A. p. 51-84.
10. DEVAUX, A.; ORDINOLA, M.; HIBON, A.; FLORES, R. 2010. El sector papa en la región andina: Diagnóstico y elementos para una visión estratégica (Bolivia, Ecuador y Perú). Centro Internacional de la Papa. p. 204
11. FONDO DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA INFANCIA (UNICEF). 2010. Informe Anual Agosto 2010. Consultado 12 mar. 2013. Disponible en: [http://www.unicef.org/lac/UNICEF_Annual_Report_2010_SP_061711\(1\).pdf](http://www.unicef.org/lac/UNICEF_Annual_Report_2010_SP_061711(1).pdf)
12. FONDO DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA INFANCIA (UNICEF). 2012. Nueva alternativa para combatir la anemia en niñas y niños ecuatorianos. Consultado 05 de Julio 2013. Disponible en: http://www.unicef.org/ecuador/media_9895.htm
13. GALLEGOS, P. 2002. Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades. En. PUMISACHO, M. y S. SHERWOOD (eds). *El cultivo de la papa en Ecuador*, INIAP y CIP, Quito, Ecuador. 133-139 p.
14. GRANDY, G.; WEISSTAUB, G.; LOPEZ, D. 2008. Deficiencia de zinc y hierro en niños. *Rev Soc Bol Ped*; 49 (1): 25 – 31.
15. GRUPO DE EVALUACIÓN INDEPENDIENTE DEL BANCO MUNDIAL. 2009. “Mejora de la eficacia del soporte nutricional a través de la evaluación de impacto”, Washington DC. Consultado 13 mar. 2013.
16. GUTIÉRREZ, L. 2010. Fitotecnia: Interacción Genotipo por ambiente importancia en el mejoramiento genético y en la evaluación y selección de materiales. Facultad de Agronomía. Universidad de la República de Uruguay. Consultado el 12 de Julio del 2013. Disponible en: <http://www.fagro.edu.uy/~fitotecnia/docencia/materiales%20teoricos/Interaccion%20Genotipo%20X%20Ambiente.pdf>.
17. HOLLAND, J.; NYQUIST, W.; CERVANTES – MARTINEZ. 2003. “Estimating and interpreting heritability for plant breeding: an update. *Plant breeding reviews* Volume 22. John Wiley & Sons, Inc.

18. INIAP/PNRT-papa. 2006. Guía para el manejo y toma de datos de ensayos de mejoramiento de papa. p. 24

19. MINISTERIO COORDINADOR DE DESARROLLO SOCIAL (MIES). 2012. Hacia la Desnutrición Cero. Consultado el 15 de Abril 2013. Disponible en: http://www.desarrollosocial.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2012/07/2_triptico_accion_nutricion.pdf.

20. NUTRI-FACTS. 2010. Todo sobre las vitaminas y más. Vitamina C. Consultado el 09 de Julio del 2013. Disponible en: http://www.nutri-facts.org/fileadmin/redacteur/pdf/PDF_At_a_Glance/ES/Vitamina_C.pdf

21. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO), 2008. Año Internacional de la papa. Las papas, la nutrición y la alimentación. Consultado el 09 de Julio del 2013. Disponible en: <http://www.potato2008.org/es/lapapa/hojas.html>

22. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO), 2010. Nutrición humana en el mundo en desarrollo. Carencia de vitamina C y escorbuto. Consultado el 09 de Julio del 2013. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/006/w0073s/w0073s0n.htm>

23. PUMISACHO, M. y VELÁSQUEZ, J. 2009. Manual del cultivo de papa para pequeños productores. INIAP-COSUDE, Quito, Ecuador. 98 p.

24. RIVADENEIRA, J.; CUESTA, X. 2012. Informe proyecto IssAndes. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Programa Nacional de Raíces y Tubérculos Rubro – papa. 6 p.

25. STOREY, M. 2007. The harvested crop. In: VREUGDENHIL, D.; BRADSHAW, J.; GEBHARDT, C.; GOVERS, F.; MACKERRON, D.; TAYLOR, M.; ROSS, H. (eds). Potato Biology and Biotechnology. Amsterdam: Elsevier Science B.V.

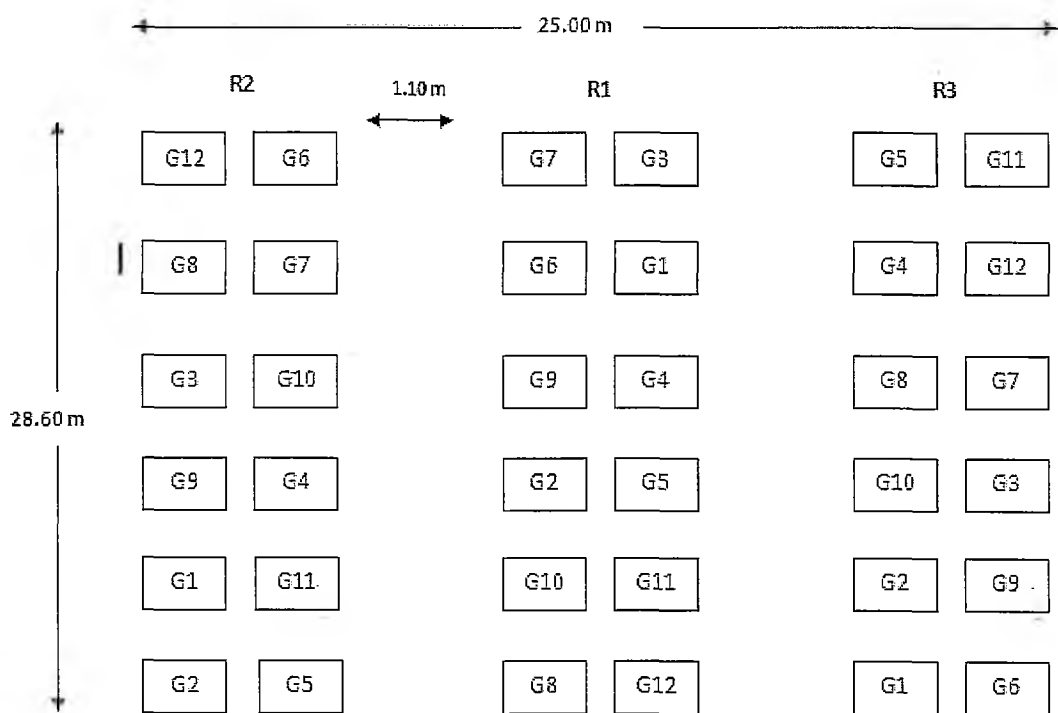
26. VALVERDE, F. 2002. Manejo Agronómico. En. PUMISACHO, M. y S. SHERWOOD (eds). El cultivo de la papa en Ecuador, INIAP y CIP, Quito, Ecuador. 55-76 p.

27. VILLAVICENCIO, V. y VÁSQUEZ, W. 2008. Guía técnica de cultivos. Quito, EC. INIAP. Manual n° 73, 444 p.

10. ANEXOS

Anexo 1

Croquis del ensayo por localidad



Anexo 2. Metodología para contenidos de hierro, zinc, aluminio y cromo

Se realizará utilizando la metodología del Departamento de Manejo de Suelos y Aguas (DMSA) de la Estación Experimental Santa Catalina (EESC) del INIAP la misma que se detalla a continuación:

Lavado: la muestra es lavada con agua corriente, asegurándose de eliminar toda clase de impurezas. El último enjuague deberá realizarse utilizando agua destilada.

Secado: las muestras lavadas son secadas en una estufa a 60 °C por 48 horas o el tiempo necesario para un secado completo en dependencia del volumen de muestra.

Molido: una vez seca la muestra es molida utilizando un molino triturador (E/LSPA-EESC/012).

Tamizado: la muestra es tamizada a través de una malla número 40 (E/LSPA-EESC-012-01).

Extracción:

Paso 1: Pesar 0.25 ± 0.0002 g de material vegetal seco, molido y tamizado y colocar en un matraz erlenmeyer de 50 ml.

Paso 2: Agregar 5 ml de la mezcla de ácido nítrico-perclórico relación 5:1, adicionar 3 o 4 núcleos de ebullición.

Paso 3: Colocar los matraces erlenmeyers en una plancha de digestión, precalentado a aproximadamente a 100 °C, esperar 15 minutos y elevar la temperatura a cerca de 150 °C, esperar que los humos pardos del ácido nítrico desaparezcan. El proceso toma entre 35 a 40 minutos. Aumente luego la temperatura a aproximadamente 200 °C y observe el comienzo de la reacción del ácido perclórico, esta se manifiesta por la aparición de humos blancos. La digestión se considera completa cuando el digestado sea transparente. Nunca permitir que se evapore a sequedad.

Paso 4: Dejar enfriar y añadir 25 ml de agua desmineralizada, agitar la solución para lavar los lados del frasco y filtrar utilizando papel filtro Whatman cualitativo número 1 o equivalente.

Paso 5: Finalmente se procede a realizar las lecturas correspondientes de cada muestra usando el equipo ICP (Espectroscopia de emisión por acoplamiento de plasma inductivo) de marca Perkin Elmer modelo Óptima 5300.

Anexo 3. Metodología para contenido de vitamina C.

Se realizará utilizando el método reflectométrico de la MERCK, equipo Reflectómetro RQ flex 16970, MERCK. El ácido ascórbico reduce el ácido molibdofosfórico amarillo a azul de fosfomolibdeno, cuya concentración se determina por reflectometría, que es una técnica basada en la interacción entre la luz y la materia. La luz es una forma de energía, que se expresa en parámetros de onda y gracias a la óptica geométrica se detecta la reflexión. El protocolo que se sigue es el siguiente:

Paso 1: Pesar 3g de muestra, licuar y llevar a un volumen de 200 ml con agua destilada.

Paso 2: Calibrar el equipo con la curva de calibración que viene con las tirillas.

Paso 3: Tomar una tirilla y cerrar el tubo inmediatamente.

Paso 4: Presionar la tecla STAR del reflectómetro e introducir de forma simultánea la tirilla analítica con ambas zonas de reacción durante aproximadamente 2 segundos en la muestra.

Paso 5: Eliminar el exceso de líquido de la tirilla, sacudiéndola manualmente.

Paso 6: Cuando suene la señal acústica (5 segundos antes de transcurrir el tiempo de reacción) la tirilla ya debe estar introducida con la zona de reacción en dirección a la pantalla hasta el tope en el adaptador de tirillas.

Paso 7: Después de transcurrido el tiempo de reacción, leer en la pantalla el valor de la medición en mg/l de ácido ascórbico. El valor se almacena automáticamente.

Paso 8: Si el valor de medición es superior al intervalo de medida, debe repetirse la medición con nuevas muestras diluidas hasta obtener un valor inferior a 450 mg/L de ácido ascórbico que luego se multiplicara por el factor.