

**“ESTUDIO DE LA VARIACIÓN GENÉTICA Y AMBIENTAL  
SOBRE EL CONTENIDO DE HIERRO, ZINC Y VITAMINA C EN  
CATORCE GENOTIPOS DE PAPA (*Solanum tuberosum L.*)”.**

**VILMA REMIGIA MORALES FREIRE.**

**TESIS**

**PRESENTANDO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER  
EL TÍTULO DE INGENIERA AGRÓNOMA.**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.**

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES.**

**ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA.**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2015**

EL TRIBUNAL DE TESIS CERTIFICA, que el trabajo de investigación titulado: **“ESTUDIO DE LA VARIACIÓN GENÉTICA Y AMBIENTAL SOBRE EL CONTENIDO DE HIERRO, ZINC Y VITAMINA C EN CATORCE GENOTIPOS DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.)”**, de responsabilidad de la Srta. Egresada Vilma Remigia Morales Freire ha sido prolijamente revisada quedando autorizada para su presentación.

**TRIBUNAL DE TESIS.**

Ing. David Caballero.

**DIRECTOR**

Ing. Wilson Yáñez.

**MIEMBRO**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.**

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES.**

**ESCUELA INGENIERÍA AGRONÓMICA.**

**Riobamba – Ecuador.**

**2015**

## ***DEDICATORIA***

*Para lo más importante en mi vida, mi gran familia por ser mi apoyo eterno, mis padres Manuel y Aida por ser ejemplo de trabajo y dedicación, también a mis 8 maravillosos hermanos Vinicio, Mesias, Isabel, Lucrecia, Lucila, Mary, Pepe y Medardo quienes son mi fuente de inspiración y mi ejemplo de perseverancia.*

*Pero sobre todo a Dios por haberme bendecido con esta maravillosa familia y por guiarme y estar siempre conmigo en el transcurso de mi vida.*

## **AGRADECIMIENTO**

Mis sinceros agradecimientos de todo corazón para todos aquellos que de una u otra forma fueron parte de este trabajo de investigación.

Debo agradecer de manera especial y sincera:

Al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) sobre todo al Dr. Xavier Cuesta y al Ing. Jorge Rivadeneira del Programa de Raíces y Tubérculos, por brindarme la oportunidad de realizar este trabajo de investigación, por su apoyo y conocimientos.

Mi sincero agradecimiento a los Ingenieros David Caballero, Víctor Lindao y Wilsón Yáñez por su colaboración en esta investigación.

A mis amigos incondicionales Vero, Laura, Álvaro, Lily, Estefanía, Edgar, Roberto, Pancho, Juan, por haber sido parte de una más de mis metas, por formar parte de mi vida y brindarme su apoyo.

## CONTENIDO

LISTA DE CUADROS .....	i
LISTA DE TABLAS.....	v
LISTA DE ANEXOS.....	vi

<b>CAP. CONTENIDO</b>	<b>Pág.</b>
I. TITULO.....	1
II. INTRODUCCIÓN .....	1
III. REVISION DE LITERATURA .....	5
IV. MATERIALES Y METODOS.....	25
V. RESULTADOS Y DISCUSION .....	40
VI. CONCLUSIONES .....	67
VII. RECOMENDACIONES.....	68
VIII. ABSTRACTO.....	69
IX. ABSTRACT .....	70
X. BIBLIOGRAFÍA .....	71
XI. ANEXOS .....	79

## LISTA DE CUADROS

Número.	Descripción.	Pág.
<b>Cuadro 1.</b>	Ubicación Política y Geográfica de los sitios experimentales para el estudio de la variación genética y ambiental sobre el contenido de hierro, zinc y vitamina C en catorce genotipos de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L). .....	25
<b>Cuadro 2.</b>	Características agroclimáticas de los sitios experimentales. ....	26
<b>Cuadro 3.</b>	Precipitación y temperatura mensual durante los meses de duración del ciclo del cultivo. ....	26
<b>Cuadro 4.</b>	Características de la parcela experimental.....	28
<b>Cuadro 5.</b>	Tratamientos para el estudio de la variación genética y ambiental sobre el contenido de hierro, zinc y vitamina C en catorce genotipos de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L) por cada una de las localidades.....	30
<b>Cuadro 6.</b>	Esquema del análisis de varianza por cada localidad para las variables agronómicas en el estudio de la variación genética y ambiental sobre el contenido de hierro, zinc y vitamina C en catorce genotipos de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L). ....	31
<b>Cuadro 7.</b>	Esquema del análisis de Varianza Combinado entre las 2 localidades para las variables agronómicas en el estudio de la variación genética y ambiental sobre el contenido de hierro, zinc y vitamina C en genotipos de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L). ....	31
<b>Cuadro 8.</b>	Esquema del análisis de varianza por cada localidad para las variables nutricionales en el estudio de la variación genética y ambiental sobre el contenido de hierro, zinc y vitamina C en catorce genotipos de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> ). ....	32
<b>Cuadro 9.</b>	Esquema del análisis de Varianza Combinado entre las 2 localidades para las variables nutricionales en el estudio de la variación genética y ambiental sobre el contenido de hierro, zinc y vitamina C en genotipos de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.).....	32

<b>Cuadro 10.</b> Análisis de varianza para emergencia de plantas a los 40 días después de la siembra. Tunshi/Chimborazo y Chiquicha/ Tungurahua, 2015.....	40
<b>Cuadro 11.</b> Prueba de Tukey al 5% para genotipos en el porcentaje de emergencia de plantas a los 40 días después de la siembra. Chiquicha/ Tungurahua, 2015. ....	41
<b>Cuadro 12.</b> Análisis de varianza combinado para emergencia de plantas a los 40 días después de la siembra. Tunshi/Chimborazo y Chiquicha/ Tungurahua, 2015. ....	42
<b>Cuadro 13.</b> Prueba de Tukey (5%) para Localidades en la emergencia de plantas a los 40 días después de la siembra. Tunshi/Chimborazo y Chiquicha/ Tungurahua, 2015.....	42
<b>Cuadro 14.</b> Promedios para las variables vigor, cobertura y madurez de planta. Tunshi/Chimborazo y Chiquicha/ Tungurahua, 2015. ....	45
<b>Cuadro 15.</b> Análisis de varianza para el rendimiento de cada una de las localidades. Tunshi/Chimborazo y Chiquicha/ Tungurahua, 2015. ....	46
<b>Cuadro 16.</b> Promedios y prueba de Tukey (5%) para el rendimiento de genotipos (peso de tubérculos/planta), en Tunshi/Chimborazo y Chiquicha/ Tungurahua, 2015.....	47
<b>Cuadro 17.</b> Análisis de varianza combinado para el rendimiento de plantas (peso de tubérculos/planta). Tunshi/Chimborazo y Chiquicha/ Tungurahua, 2015. ....	48
<b>Cuadro 18.</b> Medias y prueba de Tukey (5%) para el rendimiento (peso de tubérculos/planta). Tunshi/Chimborazo y Chiquicha/ Tungurahua, 2015. ....	49
<b>Cuadro 19.</b> Análisis de varianza para el número de tubérculos por planta de cada una de las localidades. Tunshi/Chimborazo y Chiquicha/ Tungurahua, 2015.50	

<b>Cuadro 20.</b> Promedios y prueba de Tukey (5%) para genotipos en el número de tubérculos por planta, en cada una de las localidades Tunshi/Chimborazo y Chiquicha/ Tungurahua, 2015.....	51
<b>Cuadro 21.</b> Cuadro. Análisis de varianza combinado para el número de tubérculos por planta. Tunshi/Chimborazo y Chiquicha/ Tungurahua, 2015.....	51
<b>Cuadro 22.</b> Promedios y prueba de Tukey (5%) para genotipos en el número de tubérculos/planta. Tunshi/Chimborazo y Chiquicha/ Tungurahua, 2015. ....	52
<b>Cuadro 23.</b> Promedios y prueba de Tukey (5%) para el número de tubérculos/planta. Tunshi/Chimborazo y Chiquicha/ Tungurahua, 2015.....	53
<b>Cuadro 24.</b> Análisis de la varianza para el contenido de hierro en las localidades Tunshi/Chimborazo y Chiquicha/ Tungurahua, 2015.....	54
<b>Cuadro 25.</b> Promedios y prueba de Tukey (5%) para el contenido de hierro, de los genotipos en Tunshi/Chimborazo y Chiquicha/ Tungurahua, 2015.....	55
<b>Cuadro 26.</b> Análisis de varianza combinado para el contenido de hierro (ppm) en las dos localidades Tunshi/Chimborazo y Chiquicha/ Tungurahua, 2015. .	56
<b>Cuadro 27.</b> Medias y prueba de Tukey (5%) para el contenido de hierro (ppm) en la localidades Tunshi/Chimborazo y Chiquicha/ Tungurahua, 2015.....	56
<b>Cuadro 28.</b> Prueba de Tukey (5%) para el contenido de hierro en Tunshi/Chimborazo y Chiquicha/ Tungurahua, 2015.....	57
<b>Cuadro 29.</b> Análisis de varianza para el contenido de zinc de las localidades Tunshi/Chimborazo y Chiquicha/ Tungurahua, 2015.....	58
<b>Cuadro 30.</b> Análisis de varianza combinado entre localidades para el contenido de zinc en Tunshi/Chimborazo y Chiquicha/ Tungurahua, 2015.....	59
<b>Cuadro 31.</b> Medias y prueba de Tukey (5%) para localidades en el contenido de zinc. Tunshi/Chimborazo y Chiquicha/ Tungurahua, 2015.....	59



- Cuadro 32.** Promedios y prueba de Tukey (5%) para el contenido de zinc en el análisis combinado entre localidades. Tunshi/Chimborazo y Chiquicha/ Tungurahua, 2015..... 60
- Cuadro 33.** Análisis de varianza para el contenido de vitamina C de en las localidades de Tunshi/Chimborazo y Chiquicha/ Tungurahua, 2015..... 62
- Cuadro 34.** Medias y prueba de Tukey (5%) de genotipos para el contenido de vitamina C, en Tunshi/Chimborazo y Chiquicha/ Tungurahua, 2015..... 63
- Cuadro 35.** Análisis de varianza combinado entre localidades para el contenido de vitamina C en Tunshi/Chimborazo y Chiquicha/ Tungurahua, 2015..... 63
- Cuadro 36.** Medias y prueba de Tukey (5%) para el contenido de vitamina C en las localidades de Tunshi/Chimborazo y Chiquicha/Tungurahua, 2015. .... 64
- Cuadro 37.** Prueba de Tukey (5%) para el contenido de vitamina C entre localidades. Tunshi/Chimborazo y Chiquicha/ Tungurahua, 2015. .... 65
- Cuadro 38.** Heredabilidad en sentido amplio para el contenido de hierro y zinc en Tunshi/Chimborazo y Chiquicha/ Tungurahua, 2015. .... 66

**LISTA DE TABLAS**

<b>Número.</b>	<b>Descripción.</b>	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1.</b>	Concentración media, mínima y máxima de hierro en diferentes grupos de accesiones de papa evaluados entre 2004 y 2007. ....	15
<b>Tabla 2.</b>	Concentración media, mínima y máxima de zinc en diferentes grupos de accesiones de papa evaluados entre 2004 y 2007. ....	16
<b>Tabla 3.</b>	Concentración media, mínima y máxima de vitamina C en diferentes grupos de accesiones de papa evaluados entre 2004 y 2007 .....	19
<b>Tabla 4.</b>	Escala para evaluar el vigor de las plantas. ....	33
<b>Tabla 5.</b>	Escala para evaluar la cobertura de las plantas.....	34

## LISTA DE ANEXOS

<b>Número.</b>	<b>Descripción.</b>	<b>Pág.</b>
<b>Anexo 1.</b>	Croquis del ensayo de la Localidad 1 (Tunshi-Chimborazo). .....	79
<b>Anexo 2.</b>	Croquis del ensayo de la Localidad 2 (Chiquicha-Tungurahua). .....	80
<b>Anexo 3.</b>	Variedades mejoradas en el estudio de la variación genética y ambiental en el contenido de hierro, zinc y vitamina C en catorce genotipos de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> ). .....	81
<b>Anexo 4.</b>	Clones del PNRT-papa en el estudio de la variación genética y ambiental en el contenido de hierro, zinc y vitamina C en catorce genotipos de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> ). .....	82
<b>Anexo 5.</b>	Metodología para contenidos de hierro, zinc, aluminio y cromo. ....	83
<b>Anexo 6.</b>	Metodología para contenido de Vitamina C. ....	84
<b>Anexo 7.</b>	Análisis de suelo de la localidad 1 Chimborazo/Tunshi. ....	85
<b>Anexo 8.</b>	Análisis de suelo de la localidad 2 Tungurahua/Chiquicha. ....	86
<b>Anexo 9.</b>	Presupuesto para el estudio de la variación genética y ambiental sobre el contenido de hierro, zinc y vitamina C en genotipos de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.). .....	87
<b>Anexo 10.</b>	Porcentaje de emergencia en las dos localidades en estudio. ....	89
<b>Anexo 11.</b>	Promedios para el vigor en las dos localidades. ....	90
<b>Anexo 12.</b>	Promedios para cobertura en las dos localidades. ....	91
<b>Anexo 13.</b>	Promedios para la madurez de planta en las dos localidades. ....	92
<b>Anexo 14.</b>	Peso de tubérculos en las dos localidades. ....	93
<b>Anexo 15.</b>	Número de tubérculos en las dos localidades. ....	94

<b>Anexo 16.</b> Contenido de hierro en las dos localidades.....	95
<b>Anexo 17.</b> Contenido de zinc en las dos localidades.....	96
<b>Anexo 18.</b> Contenido de cromo en las dos localidades. ....	97
<b>Anexo 19.</b> Contenido de aluminio en las dos localidades. ....	98
<b>Anexo 20.</b> Contenido de vitamina C en las dos localidades.....	99

# **I. ESTUDIO DE LA VARIACIÓN GENÉTICA Y AMBIENTAL SOBRE EL CONTENIDO DE HIERRO, ZINC Y VITAMINA C EN CATORCE GENOTIPOS DE PAPA (*Solanum tuberosum* L).**

## **II. INTRODUCCIÓN**

La papa, es el quinto alimento de mayor ingesta en el mundo después del arroz, maíz, caña de azúcar y trigo. (FAO, 2008) En el Ecuador constituye un cultivo de amplio consumo de la población, su demanda es mayor en la Región Sierra, alcanzando una superficie sembrada en el 2013 de 49 037 ha. La mayor extensión del cultivo corresponde a la provincia de Chimborazo con 15, 538 ha sembradas y constituye parte del amplio repertorio culinario del país (INEC, 2013).

Al analizar la producción de papa a nivel provincial, encontramos que es Tungurahua la Provincia que concentra mayor número de productores con 19,414 seguida por la provincia de Chimborazo con 18,376 productores, y otro dato importante es el producto más cultivado en los 9 cantones de Tungurahua destacándose en la siembra del producto el cantón Quero (Agroecuador, 2011).

Para el (CIP, 2010), el alto rendimiento energético de la papa se vuelve más importante en regiones donde existen escasas alternativas productivas, como los Andes, convirtiendo a la papa en un alimento estratégico.

De acuerdo a la (OMS, 2009), se conoce que una vez hervida una papa de tamaño promedio proporciona aproximadamente la mitad de las necesidades diarias de una persona adulta en Vitamina C (22 mg) la cual cuando se encuentra en altos contenidos mejora la absorción del hierro, también proporciona importantes cantidades de hierro (1,8 mg), potasio (421 mg) y zinc (0,85 mg).

El consumo per-cápita de papa en fresco en Ecuador para el periodo 2002-2006 fue de 31,8 kg/persona, sin embargo, la deficiencia de hierro y zinc son las principales causas de malnutrición en nuestro país y en todo el mundo, por ello, es importante concentrarse en el análisis de estos minerales (Devaux, Ordinola, Hibon, & Flores, 2010).

Actualmente los científicos buscan desarrollar un valor nutricional agregado a la papa, a través del mejoramiento genético (biofortificación), como una alternativa para mejorar el estado nutricional sobre todo de los niños y mujeres en edad fértil que viven en pobreza, siendo de mucha importancia por el alto consumo del tubérculo de papa sobre todo en la región interandina del Ecuador por lo que es necesario realizar investigación sobre el potencial que tiene la biofortificación de este tubérculo tanto en

variedades mejoradas y nativas. La creación de nuevas variedades con buenas características que ensanchen la base genética del cultivo de papa, es uno de los motivos fundamentales de la mejora (Kroman & Valverde, 2012).

El objetivo de la biofortificación es desarrollar cultivos con mayores concentraciones de provitaminas A, hierro y zinc, a través del mejoramiento convencional o la biotecnología. (Van Jarsveld et al; Cuesta, 2010).

La papa es rica en carbohidratos (13 al 30 %), tiene un alto contenido de vitamina C y también es fuente importante de minerales (Cu, P, K, Fe, Zn, Mg, Mn) y antioxidantes que pueden contribuir en la prevención de enfermedades degenerativas (Devaux et al. 2010).

La composición de la papa se puede modificar por factores tales como la variedad, la localidad donde se produce, el tipo de suelo, el clima y las condiciones de cultivo, las enfermedades, las plagas, la duración de los ciclos productivos también afecta (Pertuz, 2008).

Debido a que las deficiencias de hierro y de zinc son las principales causas de la malnutrición en todo el mundo, es necesario centrarse en el análisis de estos minerales (Woolfe, 1987). Pues la falta de hierro está relacionada con trastornos del desarrollo y del comportamiento de los niños (Peirano et al, 2009). La biodisponibilidad de hierro en la papa es mayor que en otras especies vegetales (cereales), debido al alto contenido de vitamina C, también incluye problemas en el desarrollo físico cognitivo y aumento del riesgo de mortalidad infantil (CIP, 2010), mientras que la deficiencia de zinc tiene un papel preponderante ya que afecta principalmente a mujeres en edad fértil y niños (Grupo de Evaluación Independiente del Banco Mundial, 2009). Por otra parte, la absorción de vitamina C influye en la reducción de la anemia por carencia de hierro (FAO, 2008).

Las concentraciones de hierro excesivamente elevados en las papas sin pelar (115 mg kg<sup>-1</sup> PS), junto con altos niveles de Al (75 mg kg<sup>-1</sup> PS) y cromo sugieren una posible contaminación de las muestras con partículas del suelo (Woolfe, 1987). Para evitar la contaminación de hierro por partículas de suelo y el equipo oxidado, se ha tomado el contenido bajo de cromo y aluminio (<5 mg kg<sup>-1</sup>) de las muestras como indicador de ausencia de contaminación (Woolfe, 1987).

Para la presente investigación el Programa Nacional de Raíces y Tubérculos Rubro-papa (PNRT-papa) realizó un análisis previo sobre contenido de hierro y zinc en clones del programa de mejoramiento, de los cuales se seleccionaron nueve clones promisoros

y cinco variedades mejoradas por presentar mayor contenido de hierro y zinc en las cuales se pretende investigar el efecto de la variación genética y ambiental sobre el contenido de Fe, Zn y Vitamina C (Rivadeneira & Cuesta, 2012), con el propósito de contribuir a solucionar los problemas de desnutrición en zonas marginales de las Provincias de Chimborazo y Tungurahua, para lo cual también contamos con el financiamiento del proyecto IssAndes.

## **A. JUSTIFICACIÓN**

En la provincia de Chimborazo y Tungurahua, la tasa de desnutrición crónica bordea el 50 % y el 40%, respectivamente, donde la principal limitante es la deficiencia de hierro y zinc, la cual afecta principalmente a niños menores de 5 años y madres embarazadas. Este problema es mayor en zonas marginales de las provincias, donde la alimentación está basada en el consumo de papa, por lo cual se planteó realizar la presente investigación sobre el mejoramiento de los contenidos de hierro y zinc en el cultivo de papa a través de la identificación y selección de genotipos con altos contenidos de estos micronutrientes y de esta manera obtener progenitores que puedan ser utilizados como futuras variedades, con altos contenidos de hierro y zinc, para contribuir en el área nutricional de la población ecuatoriana

## **B. PROBLEMA**

Limitado conocimiento sobre el mejoramiento nutricional de la papa que permita identificar y seleccionar genotipos de este tubérculo con altos contenidos de hierro, zinc, Vitamina C, a través de la biofortificación, para obtener progenitores y clones que pueden ser seleccionados como futuras variedades.

## **C. OBJETIVOS**

### **1. Objetivo General**

Estudiar la Variación Genética y Ambiental sobre el Contenido de Hierro, Zinc y Vitamina C en catorce genotipos de papa (*Solanum tuberosum L.*).

### **2. Objetivos Específicos**

- a.** Identificar genotipos de papa con altos contenidos de hierro, zinc y vitamina C, para posteriores trabajos de biofortificación.
- b.** Medir el efecto ambiental sobre el contenido de hierro, zinc y vitamina C, en las provincias de Chimborazo y Tungurahua.
- c.** Estudiar la heredabilidad en sentido amplio para contenidos de hierro, zinc y vitamina C.



### **III. REVISION DE LITERATURA**

#### **A. BIOFORTIFICACION**

##### **1. Generalidades**

Según el Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT (2005), la población rural de escasos recursos es la más afectada por la desnutrición y también la más difícil de alcanzar con programas nutricionales tradicionales. Los cultivos biofortificados tienen el potencial de transformar la salud de estas comunidades al permitirles sembrar y plantar cultivos que han sido fortificados naturalmente con micronutrientes esenciales.

En el Ecuador, la papa es la principal fuente de alimento para los habitantes de las zonas altas del país, con un consumo anual per cápita que fluctúa según las ciudades: 122 kg en Quito, 80 kg en Cuenca y 50 kg en Guayaquil (Agroecuador, 2013).

De acuerdo al III Censo Nacional Agropecuario (2000), realizado en el Ecuador, un total del 0.4% del territorio de uso agropecuario se dedica a la producción de papa, lo que corresponde a 49 719 hectáreas. Esta actividad concentra a 88.130 productores, que corresponde al 10.46% de los productores agrícolas del país.

Los cultivos biofortificados, es decir, variedades mejoradas que tengan un contenido más alto de minerales y vitaminas, complementará el trabajo que actualmente se hace en nutrición y proporcionará una forma sostenible y de bajo costo para llegar a la población cuyo acceso a los mercados o a los sistemas formales de atención de la salud es limitado (CIAT, 2005).

Scott, Rosegrant & Ringler (2005) manifiestan que las variedades biofortificadas tienen la capacidad de aportar beneficios continuos, año tras año, en todo el mundo en desarrollo a un costo recurrente inferior al del suministro de suplementos y a la fortificación en pos cosecha. La ventaja de la biofortificación es que se trata de un enfoque más sustentable para hacer los alimentos más nutritivos, en lugar de darle a la gente vitaminas y suplementos.

Los trabajos iniciales de biofortificación se concentran en seis cultivos de primera necesidad, para los cuales se han completado ya estudios de factibilidad en etapa de mejoramiento: una leguminosa, dos raíces y tres cereales, el programa estudia también el potencial de perfeccionamiento nutricional que tienen otros 10 cultivos, los cuales

son componentes importantes del régimen alimenticio de la gente que sufre de deficiencia de micronutrientes: el banano, el plátano, la cebada, el caupí, el maní, las lentejas, el mijo, el quinchoncho, la papa, el sorgo y el ñame (Ortega, 2008).

La biofortificación o fortificación biológica, además de vincular estrechamente los sectores del agro y nutrición para contribuir a los problemas de Seguridad Alimentaria y nutricional de América Latina cuenta con un aval internacional (Copenhagen, 2003) que la coloca en el tercer lugar de las opciones para abordar deficiencias de micronutrientes.

## 2. **Cultivos biofortificados.**

Scott et al. (2005) afirman que son cultivos mejorados con más nutrientes naturales. Es una técnica de fitomejoramiento (selección y cruce de las mejores plantas) que aprovecha la diversidad genética natural en el contenido de nutrientes presentes en cultivos para aumentar su nivel alimenticio y no se consideran transgénicos, aunque puede haber cultivos transgénicos que además se biofortifiquen.

Esta técnica, no transgénica, involucra cruzamientos dirigidos en campo con control de la polinización de variedades de buen comportamiento agronómico por variedades que poseen buena calidad nutricional, resistencia a insectos y enfermedades, obteniéndose cultivos de mayor potencial de rendimiento, adaptación amplia y mayor calidad nutritiva (Scott et al., 2005). Por otra parte, Pertuz (2008), manifiesta que la Biofortificación es el proceso por el cual a través del mejoramiento se obtienen variedades de un cultivo con mayor valor nutricional, cuyos nutrientes objetivo son: Primarios (Hierro y zinc), Secundarios o Promotores (Vit C, carotenoides) e inhibidores (fitatos, polifenoles) de la absorción de micronutrientes.

Desde hace tres décadas se ha trabajado en biofortificar alimentos como el mijo adicionándole hierro, al trigo enriquecerlo con zinc, la mandioca (muy parecida a la papa) con color parecido a la zanahoria por el betacaroteno adicionado y el maíz con un mayor contenido de lisina y triptófano (Javelosa, 2006). La revista Food Policy (2012) publicó el resultado del estudio sobre este cultivo en el que se indica que cuando los niños desnutridos que viven en zonas donde el maíz es el alimento que predomina y consumen Maíz con Proteína de Calidad (MPC) en vez de maíz normal, su tasa de crecimiento aumenta un 9 por ciento y su peso sube un 12 por ciento.

La falta de micronutrientes como el yodo o el zinc puede dar lugar a raquitismo, debilitamiento severo y restricción del crecimiento intrauterino y contribuyendo en gran medida a la muerte por desnutrición de más de dos millones de niños menores de cinco años en 2005.

Las personas con carencia de micronutrientes generalmente dependen de los cultivos básicos para obtener suficientes calorías para sobrevivir, pero carecen de otros alimentos que los contienen como fuentes de proteínas y vegetales (Devaux et al., 2010).

## **B. BIOFORTIFICACIÓN EN EL CULTIVO DE PAPA**

Navolato & Sinaloa (2012) manifiestan que en pleno siglo XXI todo parece apuntar hacia un camino, la única manera de mejorar los alimentos (de origen animal y vegetal) es convirtiéndolos en transgénicos, es decir, manipular su estructura genética de forma artificial para eliminar los defectos y potencializar sus virtudes alimenticias, pero afortunadamente aún podemos contar con alternativas menos radicales como la biofortificación.

Para Pertuz (2008), la papa es un alimento muy nutritivo ya que es rica en carbohidratos, tiene un alto contenido de vitamina C y también es fuente importante de minerales y antioxidantes que pueden contribuir en la prevención de enfermedades degenerativas y las relacionadas con la edad avanzada.

La composición química de este tubérculo es variable y está principalmente controlada por factores genéticos, condiciones ambientales tales como localidad, clima, suelo y agua, y prácticas agronómicas. La forma de cocción y almacenaje también afecta la composición química de los tubérculos de papa y consecuentemente, su valor nutricional (Pertuz, 2008).

Kagan (2008), señala que entre el 2005 al 2007, se ha analizado químicamente la concentración de minerales de 595 variedades de papa; también se ha analizado la concentración de vitamina C de 955 variedades, la concentración de fenoles totales de 367 variedades y la concentración de carotenoides, de 23 variedades, crecidas en ambientes diferentes. Los resultados revelaron una variación significativa debido a los ambientes y a la interacción genotipo x ambiente.

La papa es un cultivo importante en muchos países del mundo y se explota en más de 100 países. Esta especie presenta ventajas comparativas en relación con otras tuberosas.

Su cultivo es de relativa facilidad por la amplia adaptación agronómica a diferentes ambientes, ya que las operaciones requeridas durante el ciclo vegetativo pueden ser mecanizadas (FAO, 2001).

### **1. Aspectos Genéticos**

Thopson & Mendoza, (1984) señalan que un fenotipo es cualquier característica medible poseída por los individuos de una población. El valor fenotípico es el valor observado del individuo. El valor fenotípico (P) se divide en componentes atribuibles a la influencia del genotipo (G) y del ambiente (A).

El genotipo es el arreglo particular de genes que posee el individuo.

El ambiente son todas las circunstancias no genéticas que influyen en el valor fenotípico. En consecuencia:  $P = G + A$

En otras palabras, el fenotipo es el resultado del funcionamiento de un grupo de genes en un ambiente particular.

#### **a. Fenotipo y Genotipo.**

Gardner (2002), manifiestan que en la genética hay dos términos que son importantes definirlos y son fenotipo y genotipo, el primero se refiere a la expresión visible de las características y el segundo a la constitución genética real. Para representar los genotipos se utilizan letras.

El genotipo se transmite de una generación a la siguiente; está compuesta por numerosas subunidades llamadas genes, las cuales tienen propiedades químicas y físicas que, al final, determinan la naturaleza del fenotipo (Levine, 1974).

#### **b. Fundamentos para el mejoramiento genético en papa**

Camadro (1988), señala que los fundamentos a seguir son varios, los mismos que nos permitirán la obtención de materiales genéticos deseables en la obtención de clones y posteriores variedades.

- 1) La utilización de germoplasma en el desarrollo de poblaciones tetraploides y diploides que tengan una amplia base de variabilidad heredable.

- 2) El mejoramiento de estas poblaciones a través de ciclos de reproducción y selección recurrente.
- 3) Síntesis de híbridos entre individuos (clones) seleccionados provenientes de distintas poblaciones y la evaluación de las mismas sobre la base de su aptitud agronómica.

## 2. Métodos de mejoramiento genético en papa

El fitomejoramiento combinado con prácticas agronómicas existentes y técnicas modernas han permitido que los cultivos de mayor importancia incrementen su producción, los investigadores tratan de dar varias características a los cultivos como mejorar los valores nutritivos, variedades con tolerancia a la salinidad, obtener variedades resistentes a la sequía, tolerancia al frío en especies tropicales, resistencia a plagas y enfermedades, eficiencia fotosintéticas, entre otras. (Agenda Nacional de Cooperación Técnica- IICA & Banco Interamericano de Desarrollo.– BID, 1987). Existen varios métodos:

### a. **Método Tradicional: Complementación de atributos de los progenitores**

En esencia, este método consiste en: Cruzar la Variedad A con algunos caracteres valiosos pero deficiente en otros con la Variedad B que posea los caracteres ausentes en A, esperando obtener una variedad C en la que los atributos de A y B se complementen (Howard, 1970). Esto significa: “*Cruzar lo mejor por lo mejor y esperar lo mejor*” (Mendoza, 2008). La mayor parte de variedades en el mundo se han obtenido de esa manera y por ello, el mejoramiento de papa se considera más un arte que una ciencia, en el que el ojo del seleccionador y su suerte son los factores estelares. Un ejemplo simple: En cruces entre *Solanum tuberosum* ssp. *tuberosum*, la probabilidad de encontrar una nueva variedad es de 1/10000 y si se usa especies silvestres es de 1/100000 (Howard, 1970). Estos estimados aún muy optimistas, muestran el grado de dificultad del mejoramiento genético de la papa. Este es el método de mejoramiento genético más utilizado a nivel mundial en los programas de selección varietal. Las variedades cultivadas en la actualidad se obtuvieron de esta manera (Howard, 1970).

**b. Selección clonal**

Cuesta (2010), explica que es un método simple a corto plazo (4-5 años) en los cuales ya podemos obtener un genotipo con características superiores o mejorado. Consiste en sembrar clones de papa (material genéticamente uniforme) en varias localidades y años más tarde (3 años mínimo), genotipos que presenten las mejores características nutricionales (mayor contenido de Fe, Zn), resistencia a enfermedades, calidad, características agronómicas, generalmente realizada participativamente con grupos de evaluadores de clones.

**c. Mejoramiento a Nivel de Poblaciones.**

Mendoza & Sawyer (1983), mencionan que este método de mejoramiento genético se fundamenta en la aplicación de selección recurrente fenotípica o recurrente con prueba de progenie simultánea para varios caracteres prioritarios, sobre una población inicial de amplia base genética y gran variabilidad alélica,

La población inicial, según sus objetivos, debe incluir la variabilidad genética requerida contenida en las diversas especies cultivadas de papa y en un grupo selecto de especies silvestres.

**d. Método de Mejoramiento por Retrocruza**

El objetivo de este método es introducir un carácter de interés en un cultivar de alto valor comercial, económico, agronómico. Al progenitor bien adaptado al cual se le está agregando un carácter se le denomina progenitor recurrente. El progenitor donante del carácter no interviene en las cruza regresivas

Método muy usado en el pasado para transferir un carácter valioso, como por ejemplo resistencia a lancha, de una especie silvestre o “donador” a una variedad cultivada. El cruce inicial con la especie silvestre es seguido de retrocruzas a la variedad cultivada “receptora” o “progenitor recurrente” (Cuesta, 2010).

**e. Selección por pedigrí**

Cuesta (2010), manifiesta que es el método que consiste en que después de realizar el cruzamiento, la semilla botánica de la generación F2 es sembrada espaciadamente para facilitar la selección. Luego se aplica selección de familias y posteriormente dentro de las familias se escogen las mejores plantas.

**f. Cruzamientos–Hibridación**

Se dice que es el método más antiguo utilizado y que continúa empleándose con mucho éxito. El método se basa en la correcta selección de progenitores para el desarrollo de progenies y posterior selección de individuos dentro de progenies durante varios ciclos en estación experimental y campos de agricultores (Cuesta, 2010).

**g. Uso de la Biotecnología:**

Cuesta (2010), señala los siguientes aspectos acerca del uso de la biotecnología:

- 1) Fusión de protoplastos: Se produce la fusión de las membranas de dos o más células dando lugar a un híbrido somático.
- 2) Dobles haploides (DH): Es un método eficiente para producir plantas homocigóticas a partir de plantas heterocigóticas. El material de inicio es inducido a producir DH a partir de células haploides.
- 3) Inducción de mutaciones: Generalmente es utilizada para introducir un carácter en un cultivar de alto valor comercial, económico o agronómico, a través de la inducción artificial para generar cambios en el genoma del cultivo de interés por el uso de radiación ionizante con Co 60, radiaciones no ionizantes como los rayos ultravioleta (UV), choques térmicos o agentes químico mutagénicos.
- 4) Transformación: Es llevada a cabo añadiendo un gen o genes específicos a una planta, o silenciando un gen, para producir el genotipo deseado. Las plantas resultantes de este proceso se denominan plantas transgénicas. A través de este método se obtiene la planta con el carácter deseado más rápido que usando el mejoramiento clásico.

5) Selección asistida por marcadores moleculares (MAS); utiliza marcadores previamente desarrollados asociados a caracteres de interés y debidamente validados en distintos fondos genéticos y ambiente.

**h. Mejoramiento participativo:**

En este método de mejoramiento participan activamente los agricultores en la selección desde etapas tempranas del esquema de mejoramiento que pueden ir desde la selección de progenitores, pero comúnmente es más generalizada en las etapas de pruebas regionales en donde en cuatro etapas del cultivo, siembra, floración, cosecha y degustación. (Cuesta, 2010).

**3. Selección**

Reyes (1985) sugiere que en la práctica, la selección es un proceso de mejora genética por medio del cual se eligen como progenitores de una generación a los individuos de fenotipo, suponiendo también de genotipo, más favorable para el carácter ideal y previamente diseñado.

Para que la selección sea efectiva es necesaria la aplicación de ciertos principios, información y técnicas que faciliten el proceso, las cuales se señalan a continuación:

- a. Conocer las plantas y el medio ecológico.
- b. Obtener información sobre la herencia y heredabilidad del carácter.
- c. Determinar el carácter cuantitativo o cualitativo.
- d. Conocer el tipo de acción genética.
- e. Usar técnicas que reduzcan la acción del medio.
- f. Conocer la forma de reproducción de la especie.

Las tecnologías para la práctica de la selección están asociadas también con la forma de reproducción de las plantas, sea autógama, alógama o sexual hermafrodita.

Según Cuesta (2010), existen varias modalidades las cuales se agrupan en dos: selección individual y selección masal.

La selección individual, consiste en seleccionar en el campo, en una población de plantas, aquellas plantas individuales que fenotípicamente se manifiestan sobresalientes frente a las restantes.



La selección masal, diseñada por el hombre, actúa sobre los mismos principios al favorecer que únicamente se multipliquen ciertos fenotipos. En este aspecto si se cambia la frecuencia génica la población original evoluciona por lo que el mejoramiento de las plantas o fitotecnia es un proceso de “evolución acelerada” y es el resultado de la interacción o acción conjunta de la selección natural y la artificial (Cuesta, 2010).

La selección masal es un método de selección recurrente, que permite concentrar genes favorables para un carácter deseable. Consiste fundamentalmente en sembrar una población de plantas, elegir los fenotipos deseables, cosechar las semillas mezclar las semillas de las plantas seleccionadas y esta mezcla o “masa”, sirve como semilla para la siguiente siembra con la finalidad de que se combinen o concentren los genes, favorables para el carácter bajo selección (Cuesta, 2010).

### C. HEREDABILIDAD EN SENTIDO AMPLIO

Gardner et al. (2002), indica que la proporción de la varianza total que es genotípica se denomina heredabilidad en sentido amplio, y por lo general se designa como  $H^2$ . El exponente dos es un recordatorio de que la varianza es una unidad elevada al cuadrado; sin embargo, debe recordarse que la heredabilidad en sentido amplio es en sí misma una cantidad sin dimensión, ya que  $H^2 = V_g/V_t$ .

Esta media estadística tiene dos usos principales. Primero, revela las contribuciones relativas de factores genotípicos y ambientales a la vulnerabilidad del carácter. Segundo, hace posible estimar los valores esperados de  $g$  y  $e$ , las desviaciones genotípicas y ambientales en el modelo cuantitativo descrito.

Un método para estimar la heredabilidad en un sentido amplio hace uso de cepas muy endogámicas. Dentro de estas cepas, es de esperar que la varianza genotípica sea cero porque todos los individuos tienen esencialmente el mismo genotipo; cualquier variación puede ser causada por el ambiente, de modo que la varianza observada es una estimación de  $V_e$ . En contraste, es de esperar que la población que se aparee al azar muestre variabilidad tanto genética como ambiental, de modo que la varianza observada es una estimación de  $V_g + V_e$ . La diferencia entre las varianzas de las poblaciones que se aparean al azar y las poblaciones endogámicas estima por lo tanto  $V_g$ , y la población de ésta con respecto a la varianza de la población que se apareó al azar estima  $H^2$ .

Otro método utiliza datos coleccionados de los gemelos, los gemelos idénticos criados aparte tienen el mismo genotipo pero ambientes diferentes. En notación matemática,

esto significa que la desviación genotípica de un gemelo puede escribirse como  $t=g+e$ , y la de gemelo puede escribirse como  $t'=g+e'$ . En consecuencia la similitud de genotipos sólo depende de  $g$ , el efecto de su genotipo común de modo que la covarianza entre ellos es  $Cov(t,t')=\Sigma(g_i \times g_i)/(n-1)=\Sigma g_i^2/(n-1)=Vg$ , la varianza genotípica. Dividiendo esto entre la varianza genotípica total se obtiene la heredabilidad en sentido amplio. Entonces,  $Cov(t,t')/Vt=H^2$ , que es también el coeficiente de la correlación para una serie de pares de gemelos idénticos criados en distintos ambientes.

#### **D. EFECTO DEL MEDIO AMBIENTE**

Burgos, Amoros, Morote, Stangoulis & Bonierbale (2008), determinaron ácido ascórbico (AA) en la concentración de tubérculos de 25 variedades de papa andina cultivadas en tres ambientes. Se encontró una variación significativa debido a la interacción del genotipo, medio ambiente y genotipo x ambiente (GXE). La concentración de ácido ascórbico en tubérculos pelados recién cosechados y crudos, varió desde 22,2 hasta 121,4 mg/100 g en base al peso seco (PS) y 6,5 a 36,9 mg/100 g en base al peso fresco (PF), la accesión 704393 mostró los más altos niveles de ácido ascórbico en las tres localidades.

La importante variación genotípica que existe en las concentraciones de ácido ascórbico, junto con el hecho de la contribución del genotipo a la diferencia, fue significativamente mayor que el de la interacción  $G \times E$  y del medio ambiente, significa que los mejoradores pueden seleccionar genotipos y desarrollar variedades con altos niveles de ácido ascórbico.

#### **E. COMPOSICION QUIMICA DE LA PAPA**

La papa es un alimento muy nutritivo. Es rica en carbohidratos, tiene un alto contenido de vitamina C y también es fuente importante de minerales y antioxidantes que pueden contribuir en la prevención de enfermedades degenerativas y las relacionadas con la edad avanzada. (Pertuz, 2008)

La composición química de este tubérculo es variable y está principalmente controlada por factores genéticos, condiciones ambientales tales como localidad, clima, suelo y agua, y prácticas agronómicas. La forma de cocción y almacenaje también afecta la

composición química de los tubérculos de papa y consecuentemente, su valor nutricional (Pertuz, 2008).

### 1. Antecedentes de variedades y clones con mayor contenido de Hierro (Fe) y Zinc (Zn)

En aras de contribuir a la reducción de la malnutrición de micronutrientes, el CIP y HarvestPlus están investigando las perspectivas de biofortificación de la papa (Bonierbale, Amoros & Burgos, 2007). Debido a que las deficiencias de hierro y de zinc son las principales causas de la malnutrición en todo el mundo, nos hemos centrado en el análisis de estos minerales.

Los tubérculos de la papa tienen un contenido mineral de 1,1%, de potasio (K), siendo el más abundante mientras que el fósforo (P), cloro (Cl), azufre (S), magnesio (Mg), hierro (Fe) y zinc (Zn) están presentes en cantidades moderadas (Woolfe, 1987).

Un total de 595 variedades de papa han sido procesadas en el CIP y enviadas a la Universidad de Adelaida, Servicios Analíticos Wayte en Australia para el análisis químico por ICP. De estas 595 variedades, 64 son *S. tuberosum ssp andigenum* (Adg), 9 *S. goniocalix* S. (Gon), 195 *S. phureja* (Phu), 12 *S. stenotomum* (Stn) y 315 son clones mejorados del Programa de Mejoramiento del CIP. La mínima y máxima concentración de hierro y zinc de cada grupo se muestra en la Tabla 1 y la Tabla 2.

**Tabla 1.** Concentración media, mínima y máxima de hierro en diferentes grupos de accesiones de papa evaluados entre 2004 y 2007.

Grupo	N	mg / K, PS			mg / 100, PF		
		Media	Mínima	Máxima	Media	Mínima	Máxima
Adg	64	16.64	12.25	24.44	0.42	0.28	0.69
Gon	9	18.49	16.41	22.07	0.50	0.42	0.55
Phu	195	18.35	12.30	30.82	0.41	0.29	0.75
Clones avanzados	315	17.07	11.20	27.00	0.37	0.23	0.64
Stn	12	18.62	17.35	20.16	0.52	0.46	0.62

Elaborada por: CIP, 2004 - 2007

**Tabla 2.** Concentración media, mínima y máxima de zinc en diferentes grupos de accesiones de papa evaluados entre 2004 y 2007.

Grupo	N	mg / K, PS			mg / 100, PF		
		Media	Mínima	Máxima	Media	Mínima	Máxima
Adg	64	13.10	8.87	20.64	0.33	0.20	0.51
Cha	6	13.41	11.03	15.30	0.40	0.31	0.45
Gon	9	15.12	11.13	20.10	0.41	0.32	0.50
Phu	195	16.98	10.43	25.10	0.38	0.20	0.58
Clones avanzados	315	15.15	6.33	32.54	0.33	0.14	0.84
Stn	12	15.69	11.58	20.74	0.43	0.33	0.57

Elaborada por: CIP, 2004 - 2007

El rango de concentraciones de hierro y de zinc indica la amplia diversidad genética que puede ser explotada en programas de mejoramiento que buscan aumentar los niveles de estos minerales en la dieta humana. La accesión 703274, que es una variedad nativa (grupo Phureja), mostró la mayor concentración de hierro, su valor está muy por encima de lo informado en las variedades analizadas sin piel.

La concentración de hierro y zinc en la papa es baja en comparación con la concentración de estos minerales en los cereales y las legumbres. Sin embargo, la biodisponibilidad de hierro en la papa puede ser mayor que en los cereales y las leguminosas debido a la presencia de altos niveles de ácido ascórbico, que es un promotor de la absorción de hierro, y niveles bajos de ácido fítico, un inhibidor de la absorción de hierro (Fairweather-Tait, 1983).

#### **a. Contenido de Hierro (Fe)**

La papa es un contribuyente modesto de hierro en la dieta humana. La porción de 150 g de patatas puede suministrar 6% de la Cantidad diaria recomendada de hierro. (O'Neill 2005; United States Food and Drug Administration 2006). Sin embargo, sólo el 2,1% del hierro consumido por los estadounidenses se origina a partir de patatas (Subar et al. 1998). Aproximadamente 6% de la población de los EE.UU. sufre de deficiencia de hierro (Frazao, 2005).

El contenido de hierro en las patatas es potencialmente de gran importancia en la mejora de la deficiencia nutricional anémico caracterizado por el retraso del crecimiento, retraso en el desarrollo cognitivo y mayor susceptibilidad a las infecciones

(Woolfe, 1987). Casi 40% de las personas más pobres del mundo sufren de anemia por la deficiencia de hierro. Los estudios demostraron que la disminución de las tasas de retraso en el crecimiento (donde la deficiencia de hierro es un factor importante), desde el año 1980 al 2000, se produjo en todas partes, pero en África occidental, Mesoamérica y el Caribe, a pesar de la mejora general, las tasas siguen siendo alarmantemente altas (Mendez & Adair 1999). Los niños y las mujeres en edad fértil son las más vulnerables.

Lograr que la población de la escuela, tenga la capacidad de aprender durante toda la vida y la productividad como un adulto sano se ve ensombrecida por la deficiencia de hierro (Grantham-McGregor & Ani 2001).

La Organización Mundial de la Salud (2000) se ha centrado en el contenido de hierro como uno de los micronutrientes que son deficientes en grandes segmentos de los sectores más pobres del mundo, que se pueden suministrar en aumento cantidades de nuevas variedades de cultivos con contenido mejorado.

La papa es una fuente subestimada de hierro. Por otra parte, alimentos ricos en vitamina C y baja en ácido fítico y compuestos fenólicos son contextos ideales para aumentar la biodisponibilidad de hierro. La papa es una fuente excelente de vitamina C y es baja en el ácido fítico y los compuestos fenólicos. (Cook & Reddy 2001). El potencial de los cultivos biofortificados de hierro debe evaluarse en el contexto de las perspectivas de mejora genética (Welch & Graham, 2004).

#### **b. Contenido de Zinc (Zn)**

El contenido de Zinc en la papa es un tema poco estudiado. El zinc es un componente esencial en el metabolismo de la planta en varias enzimas, sistemas para la producción de energía, la síntesis de proteínas, y regulación del crecimiento. Si una planta tiene deficiencia de zinc no será capaz de madurar tan rápido como otras plantas no deficientes. El retardo del crecimiento del tallo en su ausencia podría deberse en parte de su aparente raquitismo a la deficiente producción del ácido indolacético que constituye una hormona de crecimiento (auxinas) (Salisbury & Ross 1992).

El Contenido de zinc en la papa es vital debido a su papel crucial como micronutrientes. La deficiencia de zinc se produce entre los más pobres de las poblaciones del mundo.

En la historia reciente, la importancia de los micronutrientes se ha reconocido las deficiencias en las dietas humanas. Asimismo, en los casos de neumonía, suplementos

de zinc reduce el tiempo de la enfermedad y aumenta el porcentaje de recuperación (Rosenberg, 2007).

Casi un millón de muertes son atribuibles a la deficiencia de zinc por año (López & Murray 2006).

La deficiencia de Zinc en escolares reduce el rendimiento (OMS, 2000). La deficiencia de zinc es más pronunciado en los Andes Centrales, América Central, del Sur, África Central y Asia del Sur (Brown, Mark, Steven, Creighton & Miller , 2011).

Los alimentos de origen vegetal no son generalmente las mejores fuentes de zinc, mientras que lo son ciertas proteínas de origen animal. Las ostras son la mejor fuente de zinc conocido, seguido de la carne roja. La Biofortificación de zinc en patata, es decir el fitomejoramiento presenta una posibilidad. La papa es bajo en compuestos, tales como fitato, que reducen la biodisponibilidad del zinc en los cereales y los alimentos dietas legumbre (Woolfe, 1987).

Brown et al. (2011), ha señalado que el aumento del rendimiento con la fertilización adecuada de zinc no fueron acompañados por incrementos en el contenido de zinc en el grano de trigo. Del mismo modo, en el arroz, Gregorio, (2002) ha señalado que la clave para el progreso en el aumento de zinc es identificar propensión genética a acumular zinc, que es un rasgo expresado de manera relativamente estable con comparativamente menor por interacciones genotipo ambiente a través de una amplia gama de expresión. Existe una correlación significativa entre los contenidos de zinc y el hierro se encuentran en los materiales que apuntan a una genética base. (Brown et al., 2011). Sin embargo, el valor de zinc más grande era sólo el 50% por encima del valor más bajo.

### **c. Contenido de Vitamina C**

La Vitamina C o ácido ascórbico, desempeña un papel importante en la protección contra el estrés oxidativo. Capta los radicales libres de oxígeno como oxidante de compuestos derivados que contribuyan al desarrollo de enfermedades degenerativas del corazón y el cáncer a través de los daños resultantes de la oxidación de los lípidos, la rotura de ADN o los efectos sobre la transcripción (Bates, 1997).

Un total de 949 variedades de papa han sido analizadas por espectrofotometría para determinar su concentración de vitamina C. De estas 949 variedades, 64 son *S. andigenum*, 80 *S. goniocalix* , 186 *S. phureja*, 240 *S. stenotomum* y 379 son clones

mejorados. La concentración media, mínima y máxima de vitamina C de cada grupo se muestra en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Concentración media, mínima y máxima de vitamina C en diferentes grupos de accesiones de papa evaluados entre 2004 y 2007

Grupo	N	mg / 100 g, DW			mg / 100 g, FW		
		Media	Mínima	Máxima	Mean	Mínima	Máxima
Adg	64	53.4	29.1	90.2	13.6	7.7	22.6
Gon	80	56.0	32.8	97.8	13.9	8.1	29.5
Phu	186	73.6	23.1	148.0	16.2	6.1	33.2
Clones avanzados	379	78.4	22.3	154.5	16.9	4.2	33.2
Stn	240	44.8	18.6	87.3	11.0	4.2	21.7

Donde: peso seco PS = DW y peso fresco PF = FW

Elaborada por: CIP, 2004 - 2007

#### d. Contenido de Aluminio (Al) y Cromo (Cr)

En anteriores informes sobre las concentraciones de hierro excesivamente elevados en las papas sin pelar (115 mg kg<sup>-1</sup> PS), junto con altos niveles de Al (75 mg kg<sup>-1</sup> PS) y cromo sugieren una posible contaminación de las muestras con partículas del suelo. El hierro del suelo es poco soluble en los jugos gástricos y por lo tanto, se espera que su biodisponibilidad sea pobre (Woolfe, 1987). Por lo que para evitar la contaminación del hierro por partículas del suelo y el equipo oxidado, ha sido un tema importante en la evaluación de la concentración de hierro y zinc en las muestras debido a esto, se ha tomado el contenido bajo de cromo y aluminio (<5 mg kg<sup>-1</sup>) de las muestras como indicador de ausencia de contaminación (Woolfe, 1987).

## F. CULTIVO DE PAPA

La papa es uno de los productos agropecuarios de mayor producción y consumo en Ecuador, especialmente en la región sierra, donde se estableció como producto alimenticio básico de los pueblos desde épocas pre coloniales (Devaux et ál., 2010).

## 1. Origen

AGROECUADOR (2013), dice que la papa es originaria de la zona limítrofe entre Perú y Bolivia, próxima al Lago Titicaca, a altitudes mayores a 3500 msnm, de donde provienen numerosas especies silvestres y cultivadas. Siendo la papa un alimento básico para la población de los Andes.

## 2. Importancia

Según la FAO (2008), la papa es considerada el quinto alimento básico a nivel mundial, después del trigo, arroz, maíz y caña de azúcar con una producción de 316 millones de toneladas en el 2006, reportado en los 10 principales países productores.

El Sistema de la Integración Centroamericana -SICA (2007), complementa diciendo que el cultivo de la papa constituye una actividad económica importante en las provincias paperas de nuestro país, así en el 2006, la superficie cosechada de papa en el Ecuador fue de 42 029 ha originado un volumen de producción de 404 276 toneladas métricas.

## 3. Taxonomía

Según Pumisacho & Sherwood (2009), la clasificación taxonómica de la papa, es la siguiente:

**Familia:** Solanaceae

**Género:** Solanum

**Subgénero:** Potatoe

**Sección:** Petota

**Serie:** Tuberosa

**Especie:** *Solanum tuberosum*

## 4. Descripción botánica

La papa (*Solanum tuberosum* L), es una planta dicotiledónea, anual, herbácea, que alcanza una altura entre 40 y 80 cm y esta provista de un sistema aéreo y otro subterráneo de naturaleza rizomatosa del cual se originan los tubérculos (INIAP, 2002).



**a. Raíces**

Son de tipo adventicias, la mayor parte se encuentra en los primeros 40 centímetros del suelo, tiene un débil poder de penetración pudiendo tener un mayor desarrollo en suelos bien mullidos.

(Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias - INIAP, 2002)

**b. Tallos**

La papa produce un tallo normal de tipo herbáceo, erecto, con ramificaciones no muy desarrolladas y se originan en la yerma del tubérculo, siendo su altura variable entre 0,5 y 1 metro presentan un color verde pardo debido a los pigmentos antociámicos asociados a la clorofila, estando presentes en todo el tallo (INIAP, 2002).

**c. Tubérculos**

La papa produce bajo la tierra tallos modificados que se llaman estolones y se van engrosando en la punta hasta formar el tubérculo, que al desarrollarse y ser cosechado, presenta yemas que, después de un período de reposo, brotan para producir nuevas plantas, los tubérculos son los órganos comestibles de la papa y están formados por tejido parenquimático, donde se acumulan las reservas de almidón (INIAP, 2002).

**d. Hojas**

Son compuestas, imparpinnadas y con folíolos primarios, secundarios e intercalares. La nerviación de las hojas es reticulada, con una densidad mayor en los nervios y en los bordes del limbo (INIAP, 2002).

**e. La inflorescencia**

Son cimosas, están situadas en la extremidad del tallo y sostenidas por un escapo floral. Es una planta autógena, siendo su androsterilidad muy frecuente, a causa del aborto de los estambres o del polen según las condiciones climáticas. Las flores tienen la corola

rotácea gamopétala de color blanco, rosado, violeta, esto depende de la variedad (INIAP, 2002).

#### **f. Frutos**

Pumisacho y Sherwood (2002), manifiestan que los frutos son redondos, suaves, con un diámetro de aproximadamente 2 cm. Las semillas del fruto son pequeñas y aplastadas. Poseen la característica de ser fértiles, lo que ha sido aprovechado por los genetistas para lograr híbridos de mayor resistencia a las enfermedades, así como variedades de alto rendimiento, pero dice que el tamaño de del fruto es de 1 a 3 cm de diámetro, que se tornan amarillos al madurar.

#### **5. Condiciones Edafo – climáticas**

AGROUNIVERSIDAD (2012), señala que la papa está adaptada a climas fríos y templados y crece en temperaturas entre 12 y 24 °C, mientras que INIAP, 2002 dice que la temperatura varía entre 9 y 11 ° C (media anual).

INIAP (2002), manifiesta que la altitud óptima para el cultivo de papa es de 1500 a 3100 y los suelos ideales son aquellos de textura franco a franco arenosas, con alta fertilidad, sueltos, profundos, bien drenados, ricos en materia orgánica y con un pH de 4,5 a 7,5.

También AGROUNIVERSIDAD (2012), habla sobre otro parámetro importante como es la luz ya que esta tiene una incidencia directa sobre el fotoperiodo, e induce la tuberización.

Los fotoperiodos cortos son más favorables a la tuberización y los largos inducen el crecimiento, además de influir sobre el rendimiento final de la cosecha.

La intensidad luminosa además de influir sobre la actividad fotosintética, favorece la floración y fructificación.

## **1. Manejo del cultivo**

### **a. Preparación del terreno**

Según el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca - MAGAP (2010), la preparación del suelo debe ser hecha de tal manera que asegure una rápida emergencia de los tallos, una penetración profunda de las raíces y un buen drenaje. Para lograr esto se pueden seguir los siguientes pasos: Arar el terreno un mes antes de la siembra, a una profundidad entre 25 y 30 cm.

### **b. Surcado**

Según INIAP (2002), el surcado se debe hacer en sentido opuesto a la pendiente, para terrenos en descanso (potrero viejo, barbecho), incorporar la materia verde dos a tres meses antes de labores de preparación del suelo. El ancho de los surcos varía entre 1.10 a 1.40 metros entre surcos, mientras más inclinado es el suelo, más amplia debe ser la distancia entre los surcos. Se coloca una semilla (de aproximadamente 60 gramos) en cada sitio, a la distancia de un pie o sea a 30 centímetros una de otra.

### **c. Labores culturales**

En INIAP (2002), las labores más importantes son:

Rascadillo o deshierba (de 30 a 40 días después de la siembra), medio aporque (entre los 60 y 80 días de la siembra) y el aporque (entre los 90 y 105 días después de la siembra).

Estas tres labores tienen como objetivos: aflojar superficialmente al suelo para evitar la pérdida de humedad y lograr el control oportuno de malezas; dar sostén a la planta y cubrir los estolones para favorecer la tuberización.

### **d. Riego**

INIAP (2002), recomienda aplicar riego para evitar que el suelo se agriete de acuerdo a las condiciones ambientales e impedir el ingreso de polillas a colocar sus huevos cerca de las papas.

e. **Principales Plagas de la Papa**

Las plagas más importantes que atacan a la papa según INIAP (2002), son:

- Polillas (*Symmetrischema tangolias* y *Tecia solanivora*)
- Pulguilla o Pulga Saltona (*Epitrix sp*)
- Gusano blanco de la papa (*Premnotrypes vorax*).

f. **Principales Enfermedades que afectan al Cultivo de Papa**

Según INIAP (2013), las principales enfermedades en la papa son:

- Tizón tardío (*Phytophthora infestans*)
- Tizón temprano (*Alternaria sp.*)
- Rhizoctonia (*Rhizoctonia solani*)
- Pata negra o Pierna negra (*Pectobacterium*).

g. **Prácticas en la Cosecha**

A continuación se describen las principales prácticas desarrolladas dentro de la cosecha y postcosecha, conforme lo describe el MAGAP (2010).

- **Corte de follaje**

Cuando se observa el amarillamiento por madurez del cultivo, cortar el follaje para limitar el refugio de las polillas.

- **Cosecha manual**

La cosecha manual requiere de mano de obra y por ende una mayor inversión ya que para una hectárea se requiere de 20 jornales.

- **Cosecha mecanizada.**

#### **IV. MATERIALES Y METODOS.**

##### **A. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR**

##### **1. Localización, ubicación geográfica y condiciones climáticas.**

###### **a. Características del sitio experimental**

###### **1) Ubicación Política y Geográfica.**

La ubicación de lugares donde se llevó a efecto el experimento se detalla en el Cuadro 1.

**Cuadro 1.** Ubicación Política y Geográfica de los sitios experimentales para el estudio de la variación genética y ambiental sobre el contenido de hierro, zinc y vitamina C en catorce genotipos de papa (*Solanum tuberosum* L).

<b>Ubicación</b>	<b>Localidad 1</b>	<b>Localidad 2</b>
Provincia	Chimborazo	Tungurahua
Parroquia	Licto	Chiquicha
Sector	Tunshi	Chiquicha Chico
Longitud (UTM)	9806405 N	9862282 N
Latitud (UTM)	764053 E	775055 E
Altitud (m.s.n.m.)	2 738	2 519

FUENTE: Información obtenida con GPS.

Elaborado por: Morales, V. 2015

###### **2) Características agroclimáticas**

Las características agroclimáticas de los sitios experimentales se presentan en el Cuadro 2 y en el Cuadro 3 la precipitación y temperatura mensual durante los meses de duración del ciclo del cultivo.

**Cuadro 2.** Características agroclimáticas de los sitios experimentales.

<b>Características Agroclimáticas</b>	<b>Localidad 1</b>	<b>Localidad 2</b>
Temperatura promedio anual (°C)	13,2 °C	17°C
Precipitación promedio anual (mm)	421,2	750
Humedad relativa promedio anual (%)	66,4	85
Textura de suelo	Franco arcillo - arenoso	Franco arcilloso
Topografía	Plana	Plana

FUENTE: Estaciones Experimentales Guazlán y Patate (Estación Guadalupe)

Elaborado por: Morales, V. 2015

**Cuadro 3.** Precipitación y temperatura mensual durante los meses de duración del ciclo del cultivo.

<b>MES</b>	<b>AÑO</b>	<b>TEMPERATURA (°C)</b>		<b>PRESIPITACIÓN (mm)</b>	
		<b>Chimborazo</b>	<b>Tungurahua</b>	<b>Chimborazo</b>	<b>Tungurahua</b>
		<b>Tunshi</b>	<b>Chiquicha</b>	<b>Tunshi</b>	<b>Chiquicha</b>
<b>ABRIL</b>	2014	14,47	16,7	143,2	174,17
<b>MAYO</b>	2014	14,49	18,9	68,3	97,3
<b>JUNIO</b>	2014	13,42	17,4	73,4	65,7
<b>JULIO</b>	2014	13,43	16,8	13,6	41,2
<b>AGOSTO</b>	2014	12,91	14,3	35,2	81,7
<b>SEPTIEMBRE</b>	2014	13,5	15,7	30,3	150,8
<b>TOTAL</b>		<b>13,7</b>	<b>16,63</b>	<b>364</b>	<b>610,9</b>

FUENTE: Estaciones Experimentales Guazlán y Patate (Estación Guadalupe)

Elaborado por: Morales, V. 2015

## **2. Clasificación Ecológica.**

Según Holdrige (1982) las dos localidades se encuentran clasificadas como estepa espinosa montano bajo (EEMB).

## **B. MATERIALES Y EQUIPOS**

### **1. De Campo.**

Nueve clones promisorios del programa de mejoramiento del INIAP, cinco variedades mejoradas, barreno, fundas plásticas, estacas, flexómetro, letreros, pesticidas, GPS, tractor, bomba de mochila, hobo, fertilizantes.

### **2. De oficina.**

Hojas de papel bond, libreta de apuntes, lápiz, borrador, impresora, computadora, cámara fotográfica.

## **C. METODOLOGIA.**

Con el objetivo de seleccionar genotipos de papa (*Solanum spp.*) con alto contenido de hierro, zinc y Vitamina C se realizó el estudio de la variación genética y ambiental en dos ensayos, el primero está ubicado en Tunshi, (Localidad 1) provincia de Chimborazo, el segundo se ubicó en Chiquicha (Localidad 2), provincia de Tungurahua. Las dos localidades se eligieron considerando la variación ambiental y se aplicó el mismo manejo agronómico.

## **D. ESPECIFICACIONES DEL EXPERIMENTO**

### **1. Diseño Experimental.**

Se utilizó el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), con catorce tratamientos y cuatro repeticiones en el caso de variables agronómicas, mientras que fueron tres repeticiones para las variables nutricionales debido al costo de los análisis (Anexo 9). Esto fue para cada una de las 2 localidades (Anexo 1 y 2). Para el análisis entre las 2 localidades se realizó un Análisis combinado.

## 2. Especificaciones de la parcela experimental.

La unidad experimental para la investigación fue una parcela de 13,20 m<sup>2</sup> (4,4 x 3 m), la parcela tenía 4 surcos a una distancia de 1,10 m y cada surco 10 tubérculos a 0,30 cm entre estos, por lo que la parcela estaba constituida por 40 plantas. La parcela neta a evaluarse estuvo constituida por 2 surcos de 2,4 m de largo es decir con 8 plantas por cada surco, con un total de 16 plantas, estos datos se los ubica en el Cuadro 4.

**Cuadro 4.** Características de la parcela experimental.

Número de parcelas por repetición	14
Número de parcelas por localidad	56
Área total del ensayo	1060 m <sup>2</sup> (53 m x 20,00 m)
Área de parcela por tratamiento	13,20 m <sup>2</sup> (4,4 x 3 m)
Área de parcela neta:	5,28 m <sup>2</sup> (2,2 x 2,4 m)
Ancho de calles	1,10 m
Distancia de siembra	0,30 m/plantas y 1,10 m/surcos
Número de surcos por parcela	4
Número de tubérculos por surco	10
Número de tubérculos por parcela	40
Número de tubérculos por sitio	1 (30/60 gr)
Número de plantas por surco	10
Número de plantas por parcela	40

Elaborado por: Morales, V. 2015

## 3. Factores en estudio

### a. **Genotipos de papa (Factor 1)** (Anexo 3 y 4)

#### 1) **Nueve Clones (C)**

1. 97-25-3 (C1)
2. 98-2-6 (C2)
3. 98-38-12 (C3)
4. 07-46-8 (C4)



5. 07-40-1 (C5)
6. 07-32-1 (C6)
7. 07-32-15 (C7)
8. 07-28-2 (C8)
9. 07-24-18 (C9)

\*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.

## 2) **Cinco Variedades (V)**

1. INIAP-Natividad (V1)
2. INIAP- Estela (V2)
3. INIAP- Victoria (V3)
4. INIAP-Fripapa (V4)
5. INIAP- Superchola (V5)

## b. **Localidades (Factor 2)**

Las localidades donde se implementaron los ensayos son:

1. Tunshi/ Chimborazo (L1)
2. Chiquicha/ Tungurahua (L2)

## 4. **Tratamientos**

Los tratamientos en estudio resultaron de la combinación de los factores a investigar, como se muestran en el Cuadro 5.

**Cuadro 5.** Tratamientos para el estudio de la variación genética y ambiental sobre el contenido de hierro, zinc y vitamina C en catorce genotipos de papa (*Solanum tuberosum* L) por cada una de las localidades.

<b>Tratamientos</b>	<b>Código</b>	<b>Interpretación *</b>
G1	C1x L1	97-25-3 x Tunshi
G2	C2x L1	98-2-6 x Tunshi
G3	C3x L1	98-38-12 x Tunshi
G4	C4x L1	07-46-8 x Tunshi
G5	C5x L1	07-40-1 x Tunshi
G6	C6x L1	07-32-1 x Tunshi
G7	C7x L1	07-32-15 x Tunshi
G8	C8x L1	07-28-2 x Tunshi
G9	C9x L1	07-24-18 x Tunshi
G10	V1x L1	INIAP-Natividad x Tunshi
G11	V2x L1	INIAP- Estela x Tunshi
G12	V3x L1	INIAP- Victoria x Tunshi
G13	V4x L1	INIAP-Fripapa x Tunshi
G14	V5x L1	INIAP- Superchola x Tunshi
G1	C1x L2	97-25-3 x Chiquicha
G2	C2x L2	98-2-6 x Chiquicha
G3	C3x L2	98-38-12 x Chiquicha
G4	C4x L2	07-46-8 x Chiquicha
G5	C5x L2	07-40-1 x Chiquicha
G6	C6x L2	07-32-1 x Chiquicha
G7	C7x L2	07-32-15 x Chiquicha
G8	C8x L2	07-28-2 x Chiquicha
G9	C9x L2	07-24-18 x Chiquicha
G10	V1x L2	INIAP-Natividad x Chiquicha
G11	V2x L2	INIAP- Estela x Chiquicha
G12	V3x L2	INIAP- Victoria x Chiquicha
G13	V4x L2	INIAP-Fripapa x Chiquicha
G14	V5x L2	INIAP- Superchola x Chiquicha

Elaborado por: Morales, V. 2015

## **E. ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Se realizó un análisis simple para cada localidad y un análisis combinado entre las dos localidades. El esquema del análisis de varianza para cada localidad se presenta en el

Cuadro 6 y el análisis combinado en el Cuadro 7 para las variables agronómicas, mientras que para las variables Nutricionales en los Cuadros 8 y 9.

**Cuadro 6.** Esquema del análisis de varianza por cada localidad para las variables agronómicas en el estudio de la variación genética y ambiental sobre el contenido de hierro, zinc y vitamina C en catorce genotipos de papa (*Solanum tuberosum* L).

<b>Fuentes de Variación</b>	<b>Fórmula</b>	<b>Grados de Libertad</b>
<b>Total</b>	$(r * t) - 1$	55
<b>Repeticiones</b>	$r - 1$	3
<b>Genotipos (G)</b>	$a - 1$	13
<b>Clones</b>	$c - 1$	8
<b>Variedades</b>	$v - 1$	4
<b>Clones VS Variedades</b>		1
<b>Error</b>	$(r - 1) * (a - 1)$	39

Elaborado por: Morales, V. 2015

**Cuadro 7.** Esquema del análisis de Varianza Combinado entre las 2 localidades para las variables agronómicas en el estudio de la variación genética y ambiental sobre el contenido de hierro, zinc y vitamina C en genotipos de papa (*Solanum tuberosum* L).

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Fórmula</b>	<b>Grados de libertad</b>
<b>Total</b>		111
<b>Repeticiones/Localidades</b>	$L(R - 1)$	6
<b>Localidades (L)</b>	$L - 1$	1
<b>Genotipos (G)</b>	$G - 1$	13
<b>Clones</b>	$C - 1$	8
<b>Variedades</b>	$V - 1$	4
<b>Clones VS Variedades</b>		1
<b>L*G</b>	$(L - 1) * (G - 1)$	13
<b>Error</b>	$L(R - 1) * (G - 1)$	78

Elaborado por: Morales, V. 2015.

**Cuadro 8.** Esquema del análisis de varianza por cada localidad para las variables nutricionales en el estudio de la variación genética y ambiental sobre el contenido de hierro, zinc y vitamina C en catorce genotipos de papa (*Solanum tuberosum*).

<b>Fuentes de Variación</b>	<b>Fórmula</b>	<b>Grados de Libertad</b>
<b>Total</b>	$(r * t) - 1$	41
<b>Repeticiones</b>	$r - 1$	2
<b>Genotipos (G)</b>	$a - 1$	13
<b>Clones</b>	$c - 1$	8
<b>Variedades</b>	$v - 1$	4
<b>Clones VS Variedades</b>		1
<b>Error</b>	$(r - 1) * (a - 1)$	26

Elaborado por: Morales, V. 2015

**Cuadro 9.** Esquema del análisis de Varianza Combinado entre las 2 localidades para las variables nutricionales en el estudio de la variación genética y ambiental sobre el contenido de hierro, zinc y vitamina C en genotipos de papa (*Solanum tuberosum* L.).

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Fórmula</b>	<b>Grados de libertad</b>
<b>Total</b>		83
<b>Repeticiones/Localidades</b>	$L(R - 1)$	4
<b>Localidades (L)</b>	$L - 1$	1
<b>Genotipos (G)</b>	$G - 1$	13
<b>Clones</b>	$C - 1$	8
<b>Variedades</b>	$V - 1$	4
<b>Clones VS Variedades</b>		1
<b>L * G</b>	$(L - 1) * (G - 1)$	13
<b>Error</b>	$L(R - 1) * (G - 1)$	52

Elaborado por: Morales, V. 2015.

## 1. Análisis funcional

- a. Se determinó el análisis de varianza simple para cada localidad.
- b. Se determinó el coeficiente de variación que fue expresado en porcentaje y el promedio general para cada localidad.
- c. Se realizó la prueba de separación de medias según Tukey al 5%, para los factores que en el análisis de varianza presentaron diferencias significativas.
- d. En el análisis combinado se realizó la prueba de separación de medias según Tukey al 5% para los factores localidades, genotipos e interacción localidades por genotipos, si presentaban significancia estadística.

## F. VARIABLES Y MÉTODOS DE EVALUACIÓN

### 1. Variables agronómicas

#### a. Emergencia

Se determinó el número de plantas emergidas a los 40 días después de la siembra (Anexo 10) con relación al número de tubérculos sembrados en la parcela y este valor se expresó en porcentaje (Cuesta, 2008).

#### b. Vigor

El vigor se evaluó a los 60, 70 y 80 días después de la siembra, (Anexo 11) considerando aspectos generales de las plantas como: su sanidad, cobertura de suelo y altura de planta. Para calificar esta variable se utilizó la escala de la Tabla 4. (Cuesta, 2008).

**Tabla 4.** Escala para evaluar el vigor de las plantas.

Valor	Escala
1	Poco Vigor
2	Regular
3	Medio
4	Bueno
5	Vigorosa

Fuente: Cuesta, 2008.

### c. Cobertura de planta

De igual manera que la anterior variable se evaluó a los 60, 70 y 80 días después de la siembra, (Anexo 12) para lo cual se utilizó la escala de la Tabla 5 (Cuesta, 2008):

**Tabla 5.** Escala para evaluar la cobertura de las plantas.

Valor	Escala
1	Malo
2	Regular
3	Bueno
4	Muy bueno
5	Excelente

Fuente: (Cuesta, 2008)

### d. Madurez de la planta

Se la evaluó a los 90 y 120 días después de la siembra (Anexo 13) para lo cual, se usó la escala descrita por Cuesta (2008), donde 1 es precoz y 9 tardía por lo que se tomó en cuenta la floración, senescencia y acame.

### e. Rendimiento y número de tubérculos por planta

Para esta variable al momento de la cosecha se seleccionó 10 plantas al azar en cada una de las parcelas netas (Anexo 14 y 15) y se pesó los tubérculos/planta se registró los datos y los valores se expresaron en kilogramos/planta, también se contabilizó el número de tubérculos por planta (INIAP/PNRT-papa, 2006).

## 2. Variables de calidad nutricional

### a. Contenido de hierro

Para determinar el contenido de hierro se tomó al momento de la cosecha una muestra de 0,5 kg de cada uno de los genotipos en estudio de 3 repeticiones, este procedimiento se repitió en las dos localidades tomando en cuenta que la muestra esté libre de patógenos y se colocó en mallas y después se las envió al laboratorio del Departamento

de Manejo de Suelos y Aguas (DMSA) de la Estación Experimental Santa Catalina (EESC) del INIAP para su respectivo Análisis (Anexo 5 y 16).

**b. Contenido de zinc**

Para determinar el contenido de zinc se tomó al momento de la cosecha una muestra de 0,5 kg de cada uno de los genotipos en estudio de 3 repeticiones, este procedimiento se repitió en las dos localidades tomando en cuenta que la muestra se encuentre libre de patógenos y se colocó en mallas y después se las envió al laboratorio del Departamento de Manejo de Suelos y Aguas (DMSA) de la Estación Experimental Santa Catalina (EESC) del INIAP para su respectivo Análisis (Anexo 5 y 17).

**c. Contenido de aluminio**

El contenido de aluminio se determinó con el propósito de ver si existe contaminación en el suelo que podría afectar el contenido de hierro en los tubérculos, pues un contenido bajo de aluminio ( $<5 \text{ mg kg}^{-1}$ ) de las muestras indica ausencia de contaminación (Burgos et al, 2007), para lo cual se tomó muestras de 0,5 kg de cada uno de los genotipos en estudio de 3 repeticiones, este procedimiento se repitió en las dos localidades. La muestra debió encontrarse libre de patógenos, luego se colocó en mallas y después se envió al laboratorio del Departamento de Manejo de Suelos y Aguas (DMSA) de la Estación Experimental Santa Catalina (EESC) del INIAP para su respectivo Análisis (Anexo 5 y 19).

**d. Contenido de cromo.**

El contenido de cromo se lo determinó con el propósito de ver si existe contaminación en el suelo para lo cual se tomó muestras de 0,5 kg de cada uno de los genotipos en estudio de tres repeticiones. Este procedimiento se repitió en las dos localidades. La muestra debió estar libre de patógenos, se colocó en mallas y después se envió al laboratorio del Departamento de Manejo de Suelos y Aguas (DMSA) de la Estación Experimental Santa Catalina (EESC) del INIAP para su Análisis (Anexo 5 y 18).

### e. **Contenido de vitamina C**

Para determinar el contenido de Vitamina C se procedió a tomar una muestra de 1,0 kg de cada uno de los genotipos en estudio de tres repeticiones, este procedimiento se repitió en las dos localidades la muestra aparentemente libre de patógenos fue colocada en mallas y enviadas al laboratorio del Departamento de Manejo de Suelos y Aguas (DMSA) de la Estación Experimental Santa Catalina (EESC) del INIAP para su respectivo Análisis (Anexo 6 y 20).

### 3. **Heredabilidad en sentido amplio**

Para medir el efecto genético y ambiental sobre la variación del contenido de hierro y zinc se determinó la heredabilidad en sentido amplio a partir del cálculo de la relación entre la varianza genética y la varianza fenotípica según lo propuesto por Holland et al, (2003).

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

Donde:

$\sigma^2_G$  = Cuadrado medio de la varianza genotípica

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

$\sigma^2_e$  = Cuadrado medio del error

r = número de repeticiones

e = número de ambientes (localidades)

## G. **MÉTODOS ESPECÍFICOS DE MANEJO DEL EXPERIMENTO**

### 1. **Selección y obtención de la semilla de los Genotipos.**

La semilla se seleccionó previamente considerando que se cuente con el número de tubérculos de cada uno de los genotipos a investigarse, el porcentaje de brotación, peso alrededor de 60 g/tubérculo y condiciones fitosanitarias de los mismos.



## 2. Muestreo del suelo.

Para realizar el muestreo de cada uno de los lotes en las dos localidades se utilizó el método en zigzag (Oñate, 2004), usando un barreno, de esta forma se obtuvo las respectivas muestras para realizar el análisis químico del suelo en el laboratorio del DMSA de la EESC-INIAP y con los resultados (ANEXO 7 y ANEXO 8) se determinó la cantidad de fertilizante a utilizar.

## 3. Preparación del terreno

La preparación del terreno ubicado en Tunshi en la Provincia de Chimborazo se la realizó con un pase de arado el 10 de Abril, pase de rastra el 14 y el surcado el 22 del mismo mes. Mientras que la preparación del terreno ubicado en Chiquicha Provincia de Tungurahua se la realizó el pase del arado el 12 de Abril, pase de rastra y el surcado el 24 del mismo mes. El surcado en las dos localidades se realizó a 1,10 m de distancia.

## 4. Siembra

El tamaño de la semilla fue entre 30-60 gramos y se colocó un tubérculo por cada sitio a una distancia de 0,30 m entre plantas y 1 .10 m entre surcos. En Tunshi se sembró el 24 de Abril, y en el ensayo de Chiquicha el 25 de abril.

## 5. Fertilización

Para realizar la fertilización se consideró el análisis químico del suelo; la fertilización nitrogenada se la fraccionó, colocando el 50% al momento de la siembra y conjuntamente se colocó Fertipapa siembra, el mismo que es un fertilizante compuesto, se aplicó al fondo del surco a chorro continuo al momento de la siembra.

De forma foliar se aplicó Estimufol cada 8 días después de la emergencia hasta los 60 días después de la siembra.

## 6. Riego

El riego se lo realizó de acuerdo a las recomendaciones de INIAP (2002), que manifiesta que la época crítica, durante la cual no debe faltar agua, corresponde al período de floración y al inicio de la tuberización, pero sobre todo se consideró las condiciones ambientales, de forma frecuente pero ligeros en época de sequía para evitar presencia de enfermedades.

## 7. Control de malezas

En el ensayo de Tunshi se aplicó herbicida (SENCOR 480 SC.) a los 12 días después de la siembra (7 de mayo) ya que a esa fecha todavía no emergían las papas pero la maleza crecía de forma precipitada.

## 8. Controles fitosanitarios

Para evitar problemas con la presencia de polillas (*Symmetrischema tangolias* y *Tecia solanivora*) se desinfectó la semilla previamente con Acefato 0,8 -1,0 L/ha. Para el control de plagas y enfermedades (*Phytophthora infestans*) se utilizó productos preventivos y curativos, de acuerdo a la aparición de los primeros síntomas. Se usaron pesticidas como (Propineb + Cimoxanil), (Dimetomorf + Mancozeb), (Fosetil – Al), (Mandipropanimida). Se realizaron cinco aplicaciones durante el ciclo de cultivo.

## 9. Labores culturales

Las labores realizadas fueron: rascadillo a los 31 días después de la siembra, logrando aflojar superficialmente al suelo y lograr el control oportuno de malezas; el medio aporque se lo realizó en Chiquicha a los 43 días después de la siembra y en Tunshi a los 44 días después de la siembra, conjuntamente se realizó la fertilización con Fertipapa Aporque más úrea, misma que se la realizó utilizando dos sacos de 45 kg de Fertipapa aporque más un saco de 45 Kg de úrea en cada uno de los ensayos; conjuntamente se aplicó el 50% de fertilización nitrogenada restante. El aporque en las dos localidades a los 72 días después de la siembra. Las dos últimas labores fueron

para dar sostén a la planta y cubrir los estolones para favorecer la tuberización. Estas labores se las realizó de forma manual.

## **10. Cosecha**

La cosecha se realizó de forma manual cuando las plantas alcanzaron la madurez completa, en Tunshi a los 146 días después de la siembra y en Chiquicha a los 161 días.

## V. RESULTADOS Y DISCUSION

### A. VARIABLES AGRONÓMICAS

#### 1. Emergencia

En el análisis de varianza para el porcentaje de emergencia (**Cuadro 10**) en la localidad Tunshi (L1) no presentó diferencia estadística para ninguna de las fuentes de variación, mientras que en la Localidad Chiquicha (L2) presentó diferencias significativas al 5% para genotipos y variedades. En la localidad Tunshi (L1) el promedio de emergencia fue de 95,54 % y el coeficiente de variación 3,75% y para la Localidad Chiquicha (L2) el promedio de emergencia fue de 98,13 % y el coeficiente de variación fue de 2,32 %. La localidad Chiquicha presentó mayor porcentaje de emergencia (98,13 %), comparado con la localidad Tunshi (96,54 %) debido a que las condiciones de precipitación y temperatura fueron favorables en esta localidad. Según INIAP (2013), el porcentaje de emergencia depende de la calidad de semilla (tamaño de tubérculo uniforme, número de brotes y libre de plagas y enfermedades), condiciones que se tomó en cuenta en la semilla que se usó en las dos localidades.

**Cuadro 10.** Análisis de varianza para emergencia de plantas a los 40 días después de la siembra. Tunshi/Chimborazo y Chiquicha/ Tungurahua, 2015.

F de V	Cuadrados Medios	
	G1	Tunshi (L1) Chiquicha (L2)
Total	<b>55</b>	
Repetición	3	6,12 ns 3,21 ns
Genotipo	13	12,03 ns 10,49 *
Clones (C)	8	11,94 ns 7,69 ns
Variedades (V)	4	13,18 ns 18,70 *
Clones Vs Variedades	1	8,23 ns 0,02 ns
Error	39	13,11 5,18
<b>Promedios (%)</b>		96,54 98,13
<b>CV (%)</b>		3,75 2,32

\*\* =Significativo al 1%

\* =Significativo al 5%

ns =No significativo

Elaborado por: Morales, V. 2015

La prueba de Tukey al 5 % para genotipos (**Cuadro 11**) en el porcentaje de emergencia de la localidad Chiquicha (L2) estableció un solo rango ubicándose los catorce genotipos en el rango “a” debido a que los valores presentan una diferencia muy pequeña, esto es entre 95,25 y 100%.

**Cuadro 11.** Prueba de Tukey al 5% para genotipos en el porcentaje de emergencia de plantas a los 40 días después de la siembra. Chiquicha/ Tungurahua, 2015.

GENOTIPOS	Emergencia 40 dds	
	Chiquicha (L2)	
INIAP-Natividad	100,00	a
INIAP-Estela	100,00	a
97-25-3	100,00	a
98-38-12	99,50	a
98-2-6	99,50	a
INIAP-Victoria	99,00	a
07-28-2	98,25	a
07-32-15	98,25	a
07-46-8	97,75	a
07-24-18	97,25	a
Superchola	96,50	a
07-40-1	96,50	a
07-32-1	96,00	a
INIAP-Fripapa	95,25	a

Elaborado por: Morales, V. 2015

El análisis de varianza combinado para porcentaje de emergencia (**Cuadro 12**) determinó diferencias significativas al 1% únicamente para localidades y ninguna diferencia las otras fuentes de variación. El promedio general de los ensayos fue de 97,33% de emergencia y un coeficiente de variación de 3,11%.

**Cuadro 12.** Análisis de varianza combinado para emergencia de plantas a los 40 días después de la siembra. Tunshi/Chimborazo y Chiquicha/ Tungurahua, 2015.

<b>F de V</b>	<b>Gl</b>	<b>Cuadrados Medios</b>
Total	111	
Localidades	1	70,72 **
Repeticiones	6	3,21 ns
Genotipos	13	16,61 ns
Localidad *Genotipo	13	7,11 ns
Error	78	9,14
Promedio (%)		97,33
CV (%)		3,11

\*\* =Significativo al 1%      \* =Significativo al 5%      ns =No significativo

Elaborado por: Morales, V. 2015

En la prueba de separación de medias según Tukey al 5% para porcentaje de emergencia (**Cuadro 13**) de localidades, Chiquicha se ubicó en el primer rango (a) con 98,13%, mientras que Tunshi se ubicó en el último rango “b” con el 96,54% de emergencia. Este comportamiento de los genotipos entre localidades puede deberse a las condiciones edáficas y climáticas sobre todo de humedad, pues según lo señalado por el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca - MAGAP (2010), la preparación del suelo debe ser hecha de tal manera que asegure una rápida emergencia de los tallos una penetración profunda de las raíces y un buen drenaje, condiciones que fue atendida en las dos localidades.

**Cuadro 13.** Prueba de Tukey (5%) para Localidades en la emergencia de plantas a los 40 días después de la siembra. Tunshi/Chimborazo y Chiquicha/ Tungurahua, 2015.

<b>Localidades</b>	<b>Emergencia</b>
	<b>40 dds</b>
Chiquicha (L2)	98,13 a
Tunshi (L1)	96,54 b

Elaborado por: Morales, V. 2015

## 2. Vigor, cobertura y madurez de planta

### a. Localidad 1 (Tunshi)

Los promedios para vigor de planta en los genotipos 97-25-3, 98-2-6, 98-38-12, 07-46-8, 07-32-15, 07-28-2, 07-24-18, INIAP-Natividad, INIAP-Estela, INIAP-Victoria, INIAP-Fripapa, Superchola (**Cuadro 14**) alcanzan valores de cinco en la escala de vigor misma, que corresponde a “Vigoroso”, mientras que los genotipos 07-40-1 y 07-32-1 alcanzaron valores de cuatro equivalente a “Bueno”.

Los promedios para cobertura de planta en los genotipos 97-25-3, 98-2-6, 98-38-12, 07-32-15, 07-28-2, 07-24-18, INIAP-Natividad, INIAP-Estela, INIAP-Victoria, INIAP-Fripapa y Superchola (**Cuadro 14**) señalan valores de cinco en la escala de cobertura la cual corresponde a “Excelente”. Mientras que los genotipos 07-46-8, 07-40-1 y 07-32-1 alcanzaron cuatro en la misma escala y corresponde a una cobertura “Muy Buena”.

Los promedios para madurez de planta en los genotipos 97-25-3, 98-2-6, 98-38-12, 07-46-8, 07-24-18, INIAP-Natividad, INIAP-Estela, INIAP-Victoria (**Cuadro 14**) presentan valores de uno en la escala de madurez mismo que corresponde a “Precoz”. Los genotipos 07-40-1, 07-32-1, 07-28-2 e INIAP-Fripapa alcanzaron valores de cinco en la misma escala y corresponde a una madurez “Intermedia”. Finalmente los genotipos 07-32-15 y Superchola obtuvieron un valor de nueve en la escala que corresponde a una madurez “Tardía”.

### b. Localidad 2 (Chiquicha)

Los promedios para vigor de planta en los genotipos 97-25-3, 98-2-6, 98-38-12, 07-32-15, 07-28-2, 07-24-18, INIAP-Natividad, INIAP-Estela, INIAP-Victoria, INIAP-Fripapa y Superchola (**Cuadro 14**) se valoran como “Vigoroso” ya que alcanzaron valores de cinco en la escala, mientras que los genotipos 07-46-8, 07-40-1, 07-32-1 se catalogan como de un vigor “Bueno” porque alcanzaron valores de cuatro en la escala.

Los promedios para cobertura de planta en los genotipos 97-25-3, 98-2-6, 98-38-12, 07-32-15, 07-28-2, 07-24-18, INIAP-Natividad, INIAP-Estela, INIAP-Victoria, INIAP-Fripapa y Superchola (**Cuadro 14**) corresponde a un grado cinco en la escala lo que equivale a una cobertura “Excelente”. En cambio los genotipos 07-46-8, 07-40-1, 07-

32-1 alcanzaron un valor de cuatro en la escala el cual corresponde a una cobertura “Muy Buena”.

Los promedios para madurez de planta en los genotipos 97-25-3, 98-2-6, 98-38-12, 07-46-8, 07-28-2, 07-24-18, INIAP-Natividad e INIAP-Estela (**Cuadro 14**) se ubican en el valor uno en la escala de madurez lo que corresponde a “Precoz”, en cambio los genotipos 07-40-1, 07-32-1, 07-32-15, INIAP-Victoria e INIAP-Fripapa alcanzaron un valor de cinco en la escala por lo que se consideran de madurez “Intermedia”. Por último el genotipo Superchola obtuvo un valor de nueve en la escala por lo tanto corresponde a una madurez “Tardía”. Según Estrada (2000), señala que el vigor y la cobertura de la planta depende generalmente de las características genéticas de cada uno de los genotipos, pues las características de las variedades son más estables en comparación con las características de los clones, así como también se ven influenciadas por las características del clima y suelo, concordando con los resultados obtenidos y reportados por Ortega, (2014) al evaluar quince genotipos de papa en las provincias de Pichincha y Cotopaxi señaló que las variedades INIAP-Natividad, INIAP- Victoria, INIAP-Fripapa, los clones 98-2-6 y 98-38-12 alcanzaron un vigor “Vigoroso” y una cobertura “Ecxelente”, también estos resultados concuerdan con lo expuesto por Cuesta et al., (2007) y (2010) en los divulgativos No. 280 y No. 374 del INIAP correspondientes a las variedades INIAP-Natividad e INIAP-Victoria, respectivamente indicaron que las dos variedades se caracterizan por ser vigorosas y por presentar cobertura completa u excelente.

Jaramillo (2012), al estudiar dieciséis genotipos de papa con tolerancia al déficit hídrico en dos localidades de la provincia de Chimborazo encontró que la variedad Superchola fue el genotipo que más días tardó en florecer, lo cual indica que es un material “Tardío” concordando con los resultados obtenidos en el estudio realizado en las provincias de Pichincha y Cotopaxi por Ortega, (2014) que la variedad Superchola alcanzó un valor de nueve identificándola como “Tardía”.



**Cuadro 14.** Promedios para las variables vigor, cobertura y madurez de planta. Tunshi/Chimborazo y Chiquicha/ Tungurahua, 2015.

Genotipos	Tunshi (L1)			Chiquicha (L2)		
	Vigor	Cobertura	Madurez	Vigor	Cobertura	Madurez
97-25-3	5	5	1	5	5	1
98-2-6	5	5	1	5	5	1
98-38-12	5	5	1	5	5	1
07-46-8	5	4	1	4	4	1
07-40-1	4	4	5	4	4	5
07-32-1	4	4	5	4	4	5
07-32-15	5	5	9	5	5	5
07-28-2	5	5	5	5	5	1
07-24-18	5	5	1	5	5	1
INIAP-Natividad	5	5	1	5	5	1
INIAP-Estela	5	5	1	5	5	1
INIAP-Victoria	5	5	1	5	5	5
INIAP-Fripapa	5	5	5	5	5	5
Superchola	5	5	9	5	5	9

Vigor	Cobertura	Madurez
1=Poco Vigor	1=Malo	1=Precoz
2=Regular	2=Regular	5= Intermedia
3=Medio	3=Bueno	9=Tardía
4=Bueno	4= Muy Bueno	
5=Vigorosa	5=Excelente	

Elaborado por: Morales, V. 2015

#### 4. Rendimiento y número de tubérculos planta.

##### a. Rendimiento (Kg) por planta

En el análisis de varianza para rendimiento (Kg) de planta (**Cuadro 15**) en la localidad Tunshi (L1) los factores genotipos, clones y la comparación ortogonal clones Vs Variedades presentan diferencias estadísticas significativas al 1%, mientras que los factores repeticiones y variedades no presentan diferencias estadísticas significativas.

En la localidad Chiquicha (L2) existe diferencias significativas al 1% para los factores repeticiones, genotipos, clones y la comparación clones Vs variedades y para el factor variedades no existe diferencias estadísticas significativas.

En la localidad Tunshi (L1) el promedio para el rendimiento por planta fue de 1,65 Kg y el coeficiente de variación 15,1%, mientras que para la Localidad Chiquicha (L2) el promedio fue de 1,69 Kg y el coeficiente de variación fue de 15,14%.

**Cuadro 15.** Análisis de varianza para el rendimiento de cada una de las localidades. Tunshi/Chimborazo y Chiquicha/ Tungurahua, 2015.

F de V	Gl	Cuadrados Medios	
		Tunshi (L1)	Chiquicha (L2)
<b>Total</b>	<b>55</b>		
<b>Repetición</b>	3	0,03 ns	0,51 **
<b>Genotipo</b>	13	0,29 **	0,24 **
Clones	8	0,24**	0,22 **
Variedades	4	0,14 ns	0,08 ns
Clones Vs Variedades	1	1,33 **	1,01 **
<b>Error</b>	39	0,06	0,07
<b>Promedios (Kg)</b>		1,65	1,69
<b>CV (%)</b>		15,1	15,14

\*\* =Significativo al 1%      \* =Significativo al 5%      ns =No significativo

Clones (97-25-3; 98-2-6; 98-38-12; 07-46-8; 07-40-1; 07-32-1; 07-32-15; 07-28-2; 07-24-18).

Variedades (INIAP-Natividad; INIAP-Estela; INIAP-Victoria; INIAP-Fripapa; Superchola)

Elaborado por: Morales, V. 2015

La prueba de Tukey al 5% para el rendimiento por planta de genotipos (**Cuadro 16**) estableció siete rangos en Tunshi (L1), sobresaliendo con un rendimiento de 2,13 Kg/planta y ubicándose en el primer lugar (a) la variedad INIAP-Victoria mientras que el clon 07-32-1 se ubicó en el último rango con un rendimiento de 1,10 Kg/planta. En la localidad Chiquicha (L2) existe tres rangos, ubicándose en el primer rango tres variedades INIAP-Victoria (2,03 Kg/ planta), INIAP-Natividad (1,98 Kg/ planta), INIAP-Fripapa (1,90 Kg/ planta) y el clon 98-2-6 (1,90 Kg/ planta), mientras que el clon 07-32-1 se ubica en el último rango (b) con un rendimiento de 1,23 Kg/planta.

**Cuadro 16.** Promedios y prueba de Tukey (5%) para el rendimiento de genotipos (peso de tubérculos/planta), en Tunshi/Chimborazo y Chiquicha/ Tungurahua, 2015.

GENOTIPOS	Peso de Tubérculos(Kg) / Planta	
	Tunshi (L1)	Chiquicha (L2)
INIAP-Victoria	2,13 a	2,03 a
INIAP-Fripapa	1,98 ab	1,90 a
98-2-6	1,90 ab	1,90 a
INIAP-Natividad	1,78 abc	1,98 a
INIAP-Estela	1,75 abc	1,80 ab
98-38-12	1,73 abc	1,58 ab
Superchola	1,68 abcd	1,68 ab
07-28-2	1,65 abcd	1,78 ab
07-24-18	1,63 abcd	1,88 ab
07-32-15	1,63 abcd	1,45 ab
97-25-3	1,50 bcd	1,70 ab
07-46-8	1,48 bcd	1,48 ab
07-40-1	1,25 cd	1,38 ab
07-32-1	1,10 d	1,23 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes

Elaborado por: Morales, V. 2015

El análisis de varianza combinado (**Cuadro 17**) para el rendimiento (Kg) por planta señala diferencias significativas al 1% para el factor repeticiones y genotipos, mientras que para el factor localidades y la interacción Localidades por Genotipos no existió diferencias significativas, obteniendo un promedio general de 1,67 Kg/planta y un coeficiente de variación de 15,12%.

**Cuadro 17.** Análisis de varianza combinado para el rendimiento de plantas (peso de tubérculos/planta). Tunshi/Chimborazo y Chiquicha/ Tungurahua, 2015.

<b>F de V</b>	<b>Gl</b>	<b>Cuadrados Medios</b>
Total	111	
Localidades	1	0,05 ns
Repeticiones	6	0,51 **
Genotipos	13	0,57 **
Localidad *Genotipo	13	0,12 ns
Error	78	0,06
Promedio (Kg)		1,67
CV (%)		15,12

Elaborado por: Morales, V. 2015

La prueba de Tukey al 5% para el rendimiento de genotipos (**Cuadro 18**) estableció nueve rangos, sobresaliendo la variedad INIAP-Victoria con un rendimiento de 2,08 Kg/planta, mientras que en el último rango se ubicó el clon 07-40-1 con un rendimiento de 1,16 Kg/planta. El resto de genotipos presentaron rangos intermedios.

Ortega (2014), señala que la variedad INIAP-Victoria presentó el mayor rendimiento con 1,97 Kg/planta en la provincia de Pichincha, además en el Manual del cultivo de papa, (2013) indica que la variedad INIAP-Victoria presenta un rendimiento promedio de 1,5 Kg/planta considerado como rendimiento alto, coincidiendo con los resultados obtenidos en la presente investigación. Queme (2007), dice que la estabilidad es el atributo que le permite a los genotipos ajustar su capacidad productiva a la más amplia variación del estímulo ambiental cuando sean evaluados en ambientes diferentes pues todo carácter depende de la acción combinada y recíproca entre los factores hereditarios y los ambientales por lo que coincide con los resultados obtenidos para el clon 07-40-1 en la presente investigación presentó un rendimiento promedio de 1,16 Kg/planta ubicándole como el más bajo rendimiento en las provincias de Chimborazo y Tungurahua mientras que en las provincias de Pichincha y Cotopaxi, presentó un rendimiento general intermedio de 0,82 Kg/planta de acuerdo a (Ortega, 2014).

**Cuadro 18.** Medias y prueba de Tukey (5%) para el rendimiento (peso de tubérculos/planta). Tunshi/Chimborazo y Chiquicha/ Tungurahua, 2015.

<b>GENOTIPO</b>	<b>Peso de Tubérculos</b>
	<b>Medias (Kg)</b>
INIAP-Victoria	2,08 a
INIAP-Fripapa	1,94 ab
98-2-6	1,90 ab
INIAP-Natividad	1,88 abc
INIAP-Estela	1,78 abc
07-24-18	1,75 abc
07-28-2	1,71 abcd
Superchola	1,68 abcd
98-38-12	1,65 bcd
97-25-3	1,60 bcd
07-32-15	1,54 bcde
07-46-8	1,48 cde
07-32-1	1,31 de
07-40-1	1,16 e

Elaborado por: Morales, V. 2015

#### **b. Número de tubérculos por planta**

En el análisis de varianza para el número de tubérculos por planta (**Cuadro 19**) en las dos localidades Tunshi (L1) y Chiquicha (L2) los factores genotipos, clones, variedades y la comparación clones Vs variedades presentan diferencias significativas al 1%.

En la localidad Tunshi (L1) el promedio para el número de tubérculos por planta fue de 21,23 unidades y el coeficiente de variación 15,95%. Para la Localidad Chiquicha (L2) el promedio fue de 22,60 unidades y el coeficiente de variación fue de 21,97%.

**Cuadro 19.** Análisis de varianza para el número de tubérculos por planta de cada una de las localidades. Tunshi/Chimborazo y Chiquicha/ Tungurahua, 2015.

F de V	Gl	Cuadrados Medios	
		Tunshi (L1)	Chiquicha (L2)
<b>Total</b>	<b>55</b>		
<b>Repetición</b>	3	13,77 ns	38,48 ns
<b>Genotipo</b>	13	168,05 **	289,67 **
Clones	8	187,85 **	238,60 **
Variedades	4	77,37 **	189,92 **
Clones Vs Variedades	1	372,37 **	1097,18 **
<b>Error</b>	39	11,46	24,65
<b>Promedios</b>		21,23	22,60
<b>CV (%)</b>		15,95	21,97

\*\* =Significativo al 1%      \* =Significativo al 5%      ns =No significativo

Clones (97-25-3; 98-2-6; 98-38-12; 07-46-8; 07-40-1; 07-32-1; 07-32-15; 07-28-2; 07-24-18).

Variedades (INIAP-Natividad; INIAP-Estela; INIAP-Victoria; INIAP-Fripapa; Superchola)

Elaborado por: Morales, V. 2015

La prueba de Tukey al 5% para genotipos (**Cuadro 20**) en el número de tubérculos por planta presenta diez rangos en Tunshi (L1), sobresaliendo el clon 07-32-15 con 35,48 tubérculos por planta y ubicándose en el primer rango (a), mientras que los clones 07-32-1 y 07-24-18 se ubicaron en el último rango (f) con un número de tubérculos de 14,18 y 13,85, respectivamente.

En la localidad Chiquicha (L2) existe nueve rangos, ubicándose en el primer rango (a) la variedad Superchola con 39,40 tubérculos por planta, mientras que el clon 07-40-1 se ubica en el último rango (f) con 11,20 tubérculos por planta.

**Cuadro 20.** Promedios y prueba de Tukey (5%) para genotipos en el número de tubérculos por planta, en cada una de las localidades Tunshi/Chimborazo y Chiquicha/ Tungurahua, 2015.

GENOTIPOS	Número de Tubérculos (Unidad) / Planta	
	Tunshi (L1)	Chiquicha (L2)
07-32-15	35,48 a	36,10 ab
INIAP-Estela	30,23 ab	31,38 abc
Superchola	28,23 abc	39,40 a
INIAP-Victoria	23,40 bcd	24,35 bcde
97-25-3	22,80 bcde	20,38 cdef
INIAP-Natividad	21,88 bcdef	24,48 bcde
98-2-6	21,75 bcdef	26,78 bcd
INIAP-Fripapa	19,73 cdef	23,08 cdef
98-38-12	17,93 def	18,53 def
07-46-8	17,50 def	13,88 ef
07-28-2	15,53 def	16,58 def
07-40-1	14,78 ef	11,20 f
07-32-1	14,18 f	15,18 def
07-24-18	13,85 f	15,08 def

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Elaborado por: Morales, V. 2015

El análisis de varianza combinado (**Cuadro 21**) para el número de tubérculos por planta señala diferencias significativas al 1% para el factor genotipos, mientras que para la interacción Localidades por Genotipos presentó significancia al 5%. El promedio general es de 21,92 tubérculos por planta y el coeficiente de variación de 19,39%. Comparando los valores de variación genética, ambiental y su interacción, la mayor variación observada se debe al factor genético.

**Cuadro 21.** Cuadro. Análisis de varianza combinado para el número de tubérculos por planta. Tunshi/Chimborazo y Chiquicha/ Tungurahua, 2015.

F de V	Gl	Cuadrados Medios
Total	111	
Localidades	1	52,25 ns
Repeticiones	3	38,48 ns
Genotipos	13	440,09 **
Localidad *Genotipo	13	37,87 *
Error	78	18,06
Promedio (Unidad)		21,92
CV (%)		19,39

Elaborado por: Morales, V. 2015.

La prueba de Tukey al 5% para genotipos (**Cuadro 22**) en el número de tubérculos por planta establece nueve rangos, sobresaliendo el clon 07-32-15 con 35,79 unidades por planta y la variedad Superchola con 33,81 unidades por planta, ubicándose en el primer rango (a), mientras que en el último rango (f) se ubica el clon 07-40-1 con 12,99 tubérculos por planta. El resto de genotipos presentaron rangos intermedios.

**Cuadro 22.** Promedios y prueba de Tukey (5%) para genotipos en el número de tubérculos/planta. Tunshi/Chimborazo y Chiquicha/ Tungurahua, 2015.

<b>GENOTIPO</b>	<b>Número de Tubérculos / planta (Unidad)</b>
07-32-15	35,79 a
Superchola	33,81 a
INIAP-Estela	30,8 ab
98-2-6	24,26 bc
INIAP-Victoria	23,88 bc
INIAP-Natividad	23,18 cd
97-25-3	21,59 cde
INIAP-Fripapa	21,4 cde
98-38-12	18,23 cdef
07-28-2	16,05 def
07-46-8	15,69 ef
07-32-1	14,68 ef
07-24-18	14,46 ef
07-40-1	12,99 f

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Elaborado por: Morales, V. 2015

La prueba de Tukey al 5% para localidades por genotipos (**Cuadro 23**) para número de tubérculos por planta establece quince rangos, sobresaliendo la variedad Superchola en Chiquicha (L2) con 39,4 unidades por planta, mientras que en el último rango se ubicó el clon 07-40-1 de la misma localidad con 11,2 unidades por planta. El resto de genotipos presentaron rangos intermedios.

En investigaciones realizadas en la provincia de Pichincha y Cotopaxi sobresalió la variedad Superchola con el mayor número de tubérculos por planta 35,17 unidades, de acuerdo a Ortega (2014), en la Provincia de Chimborazo Jaramillo, (2012) reporta un promedio de 21,67 unidades por planta, Peña, (2013) reporta 38 tubérculos por planta en Chimborazo, Rosselley (1996), et al señalan que la tuberización está influenciada



por los factores del medio ambiente, principalmente el fotoperiodo (fotoperiodos cortos son más favorables a la tuberización y los largos inducen el crecimiento) y la temperatura, así como el tubérculo madre, de igual forma Pozo (2001), señaló que algunos clones o variedades por su genotipo tienden a producir un mayor número de tubérculos.

**Cuadro 23.** Promedios y prueba de Tukey (5%) para el número de tubérculos/planta. Tunshi/Chimborazo y Chiquicha/ Tungurahua, 2015.

<b>LOCALIDAD</b>	<b>GENOTIPO</b>	<b>Número de Tubérculos / planta</b>
Chiquicha (L2)	Superchola	39,4 a
Chiquicha (L2)	07-32-15	36,1 ab
Tunshi (L1)	07-32-15	35,48 abc
Chiquicha (L2)	INIAP-Estela	31,38 abcd
Tunshi (L1)	INIAP-Estela	30,23 abcde
Tunshi (L1)	Superchola	28,23 abcdef
Chiquicha (L2)	98-2-6	26,78 bcdefg
Chiquicha (L2)	INIAP-Natividad	24,48 cdefgh
Chiquicha (L2)	INIAP-Victoria	24,35 cdefgh
Tunshi (L1)	INIAP-Victoria	23,4 defgh
Chiquicha (L2)	INIAP-Fripapa	23,08 defgh
Tunshi (L1)	97-25-3	22,8 defgh
Tunshi (L1)	INIAP-Natividad	21,88 defghi
Tunshi (L1)	98-2-6	21,75 defghi
Chiquicha (L2)	97-25-3	20,38 defghi
Tunshi (L1)	INIAP-Fripapa	19,73 efghi
Chiquicha (L2)	98-38-12	18,53 fghi
Tunshi (L1)	98-38-12	17,93 fghi
Tunshi (L1)	07-46-8	17,5 fghi
Chiquicha (L2)	07-28-2	16,58 ghi
Tunshi (L1)	07-28-2	15,53 ghi
Chiquicha (L2)	07-32-1	15,18 hi
Chiquicha (L2)	07-24-18	15,08 hi
Tunshi (L1)	07-40-1	14,78 hi
Tunshi (L1)	07-32-1	14,18 hi
Chiquicha (L2)	07-46-8	13,88 hi
Tunshi (L1)	07-24-18	13,85 hi
Chiquicha (L2)	07-40-1	11,2 i

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Elaborado por: Morales, V. 2015

## B. VARIABLES DE CALIDAD NUTRICIONAL

### 1. Contenido de hierro (Fe)

El análisis de varianza para el contenido de Fe (ppm) (**Cuadro 24**) en la localidad Tunshi (L1) establece diferencias significativas al 5% para genotipos, mientras que la comparación clones Vs Variedades detectó diferencias estadísticas al 1%.

El promedio para el contenido de Fe fue de 22,48 ppm y el coeficiente de variación 14,09%.

En la localidad Chiquicha (L2) existe diferencias significativas al 1% para genotipos y variedades, mientras que para el factor clones existe diferencias estadísticas al 5%, con un promedio para Fe de 20,25 ppm y el coeficiente de variación fue de 9,9%.

**Cuadro 24.** Análisis de la varianza para el contenido de hierro en las localidades Tunshi/Chimborazo y Chiquicha/ Tungurahua, 2015.

F de V	Gl	Cuadrados Medios	
		Tunshi (L1)	Chiquicha (L2)
<b>Total</b>	<b>41</b>		
<b>Repetición</b>	2	8,98 ns	5,66 ns
<b>Genotipo</b>	13	27,36 *	15,71 **
Clones	8	17,62 ns	9,70 *
Variedades	4	11,12 ns	27,52 **
Clones Vs Variedades	1	170,22 **	16,50 ns
<b>Error</b>	26	10,04	4,02
<b>Promedios (ppm)</b>		22,48	20,25
<b>CV (%)</b>		14,09	9,9

\*\* =Significativo al 1%      \* =Significativo al 5%      ns =No significativo

Clones (97-25-3; 98-2-6; 98-38-12; 07-46-8; 07-40-1; 07-32-1; 07-32-15; 07-28-2; 07-24-18).

Variedades (INIAP-Natividad; INIAP-Estela; INIAP-Victoria; INIAP-Fripapa; Superchola)

Elaborado por: Morales, V. 2015

La prueba de Tukey al 5% para el contenido de Fe (ppm) de los genotipos (**Cuadro 25**) estableció tres rangos en Tunshi (L1), sobresaliendo los clones 07-32-1 con 28,23 ppm y el clon 98-38-12 con 27,23 ppm y ubicándose en el primer rango (a), mientras que la variedad INIAP-Fripapa se ubicó en el último rango (b) con 16,8 ppm de Fe.

Por otro lado, en la localidad Chiquicha (L2) existen tres rangos, ubicándose en el primer rango (a) la variedad INIAP-Estela con 24,23 ppm y el clon 98-38-12 con 24,1

ppm de Fe, mientras que el clon 07-46-8 con 18,07 ppm de Fe y las variedades INIAP-Victoria con 17,6 ppm e INIAP-Fripapa con 16,53 ppm se ubicaron en el último rango (b). Los demás clones y variedades se ubican en posición intermedia.

**Cuadro 25.** Promedios y prueba de Tukey (5%) para el contenido de hierro, de los genotipos en Tunshi/Chimborazo y Chiquicha/ Tungurahua, 2015.

GENOTIPO	Fe (ppm) peso fresco	
	Tunshi (L1)	Chiquicha (L2)
07-32-1	28,23 a	22,4 ab
98-38-12	27,23 a	24,1 a
97-25-3	24,17 ab	21,1 ab
07-28-2	23,73 ab	20,73 ab
07-46-8	23,4 ab	18,07 b
98-2-6	23,17 ab	20,5 ab
07-32-15	22,97 ab	20,8 ab
07-40-1	22,8 ab	18,77 ab
INIAP-Victoria	21,93 ab	17,6 b
Superchola	20,9 ab	20,3 ab
07-24-18	20,13 ab	19,97 ab
INIAP-Estela	19,7 ab	24,23 a
INIAP-Natividad	19,57 ab	18,37 ab
INIAP-Fripapa	16,8 b	16,53 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Elaborado por: Morales, V. 2015

El análisis de varianza combinado para las dos localidades (**Cuadro 26**) en el contenido de Fe (ppm) señala diferencias significativas al 1% para los factores genotipos y localidades, mientras que no existió diferencias significativas para el factor repeticiones y la interacción Localidad por genotipos, con un promedio general de 21,37 ppm y un coeficiente de variación de 12,41%.

**Cuadro 26.** Análisis de varianza combinado para el contenido de hierro (ppm) en las dos localidades Tunshi/Chimborazo y Chiquicha/ Tungurahua, 2015.

<b>F de V</b>	<b>Gl</b>	<b>Cuadrados Medios</b>
Total	83	
Localidades	1	104,74 **
Repeticiones	4	5,66 ns
Genotipos	13	34,47 **
Localidad *Genotipo	13	12,22 ns
Error	52	7,03
Promedio (ppm)		21,37
CV (%)		12,41

Elaborado por: Morales, V. 2015

La prueba de Tukey al 5% para localidades (**Cuadro 27**) en el contenido de Fe (ppm) ubicó a la localidad Chiquicha (L2) en el primer rango con 22,48 ppm, mientras que la localidad de Tunshi (L2) se ubicó en el último rango con 20,25 ppm.

**Cuadro 27.** Medias y prueba de Tukey (5%) para el contenido de hierro (ppm) en la localidades Tunshi/Chimborazo y Chiquicha/ Tungurahua, 2015.

<b>LOCALIDAD</b>	<b>Fe (ppm) peso fresco</b>
Chiquicha (L2)	22,48 a
Tunshi (L1)	20,25 b

Elaborado por: Morales, V. 2015

La prueba de Tukey al 5% (**Cuadro 28**) para el contenido de Fe (ppm) de los genotipos estableció siete rangos, sobresaliendo en el primer rango (a) el clon 98-38-12 con 25,67 ppm, mientras que en el último rango (d) se ubicó la variedad INIAP-Fripapa con 16,67 ppm. El resto de genotipos se ubicaron en rangos intermedios, pero los genotipos que mantuvieron cierta estabilidad en su concentración en las dos localidades en estudio, fueron las variedades INIAP-Fripapa, Superchola y el clon 07-24-18. Fairweather-Tait, (1983), manifiesta que la concentración de hierro en la papa es baja en comparación con la concentración en los cereales y las legumbres. Sin embargo, la biodisponibilidad de hierro en la papa puede ser mayor que en los cereales y las leguminosas debido a la presencia de altos niveles de vitamina C, que es un promotor de

la absorción de hierro y además posee niveles bajos de ácido fítico, el cual es un inhibidor de la absorción de hierro.

Ortega (2014), reportó que en promedio la concentración de hierro para los 15 genotipos en estudio fue de 64,88 ppm con base en peso fresco, valor que supera la concentración promedio obtenida para el actual estudio que es de 21,37 ppm mismo que fue realizado para 14 de los 15 genotipos estudiados por Ortega, (2014), esto nos lleva a pensar que existe mayor influencia del efecto ambiental y en menor proporción del factor genético. De la misma forma también supera los valores obtenidos por CIP, (2007) en variedades de papas nativas con un promedio de 24,4 ppm de hierro; en cambio Tekalign and Hammes, (2005) señalaron un promedio de 56,2 ppm en 4 variedades de papa, Burgos et al., (2007) indica valores entre 16,1 a 36,7 ppm de hierro y Brown et al., (2010), reportó una base clonal de 17 a 62 ppm de hierro, todas estas concentraciones en base a peso fresco.

**Cuadro 28.** Prueba de Tukey (5%) para el contenido de hierro en Tunshi/Chimborazo y Chiquicha/ Tungurahua, 2015.

<b>GENOTIPOS</b>	<b>Fe (ppm) peso fresco</b>
98-38-12	25,67 a
07-32-1	25,32 ab
97-25-3	22,63 abc
07-28-2	22,23 abc
INIAP-Estela	21,97 abcd
07-32-15	21,88 abcd
98-2-6	21,83 abcd
07-40-1	20,78 abcd
07-46-8	20,73 abcd
Superchola	20,60 abcd
07-24-18	20,05 bcd
INIAP-Victoria	19,77 cd
INIAP-Natividad	18,97 cd
INIAP-Fripapa	16,67 d

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Elaborado por: Morales, V. 2015

## 2. Contenido de zinc

En el análisis de varianza para el contenido de Zn (**Cuadro 29**) en las dos localidades Tunshi (L1) y Chiquicha (L2) no presentó diferencia estadística para ninguna de las fuentes de variación.

En la localidad Tunshi (L1) para el contenido de Zn fue de 11,51 ppm y el coeficiente de variación 22,79 %. Para la localidad Chiquicha (L2) el promedio fue de 14,99 ppm y el coeficiente de variación 14,42%.

**Cuadro 29.** Análisis de varianza para el contenido de zinc de las localidades Tunshi/Chimborazo y Chiquicha/ Tungurahua, 2015.

F de V	Gl	Cuadrados Medios	
		Tunshi (L1)	Chiquicha (L2)
<b>Total</b>	<b>41</b>		
<b>Repetición</b>	2	6,06 ns	8,98 ns
<b>Genotipo</b>	13	8,33 ns	7,27 ns
Clones	8	7,40 ns	6,83 ns
Variedades	4	9,83 ns	8,57 ns
Clones Vs Variedades	1	9,71 ns	5,52 ns
<b>Error</b>	26	6,88	4,67
<b>Promedios (ppm)</b>		11,51	14,99
<b>CV (%)</b>		22,79	14,42

\*\* =Significativo al 1%      \* =Significativo al 5%      ns =No significativo

Clones (97-25-3; 98-2-6; 98-38-12; 07-46-8; 07-40-1; 07-32-1; 07-32-15; 07-28-2; 07-24-18).

Variedades (INIAP-Natividad; INIAP-Estela; INIAP-Victoria; INIAP-Fripapa; Superchola)

Elaborado por: Morales, V. 2015

El análisis de varianza combinado entre localidades (**Cuadro 30**) para el contenido de Zn (ppm) señala diferencias significativas al 1% para los factores genotipos y localidades, mientras que no existió diferencias significativas para el factor repeticiones y la interacción Localidad por Genotipos, dando un promedio general de 13,25 ppm y un coeficiente de variación de 18,14 %.

**Cuadro 30.** Análisis de varianza combinado entre localidades para el contenido de zinc en Tunshi/Chimborazo y Chiquicha/ Tungurahua, 2015.

<b>F de V</b>	<b>Gl</b>	<b>Cuadrados Medios</b>
Total	83	
Localidades	1	254,46 **
Repeticiones	4	8,98 ns
Genotipos	13	14,89 **
Localidad *Genotipo	13	5,12 ns
Error	52	5,78
Promedio (ppm)		13,25
CV (%)		18,14

Elaborado por: Morales, V. 2015

La prueba de Tukey al 5% para el contenido de Zn (ppm) (**Cuadro 31**) estableció dos rangos, sobresaliendo con el primer rango (a) la localidad Chiquicha (L2) con 14,99 ppm, mientras que la localidad de Tunshi (L1) se ubicó en el último rango con 11,51 ppm.

**Cuadro 31.** Medias y prueba de Tukey (5%) para localidades en el contenido de zinc. Tunshi/Chimborazo y Chiquicha/ Tungurahua, 2015.

<b>LOCALIDAD</b>	<b>Contenido de Zn (ppm)</b>
Chiquicha (L2)	14,99 a
Tunshi (L1)	11,51 b

Elaborado por: Morales, V. 2015

La prueba de Tukey al 5% para el contenido de Zn (ppm) (**Cuadro 32**) de genotipos estableció siete rangos, sobresaliendo en el primer rango (a) la variedad INIAP-Natividad con 15,3 ppm, mientras que en el último rango (d) se ubicó la variedad INIAP-Fripapa con 10,58 ppm. El resto de genotipos presentaron rangos intermedios, pero los genotipos que mantuvieron cierta estabilidad en su concentración en las dos localidades en estudio, fueron las variedades INIAP-Victoria e INIAP-Natividad y el clon 98.38-12. De igual manera que en la concentración de hierro Ortega, (2014), obtuvo un promedio general de 20,42 ppm de Zn con base en peso fresco, valor que supera la concentración promedio obtenida para el actual estudio que es de 13,25 ppm de Zn mismo que fue realizado para 14 de los 15 genotipos estudiados por Ortega,

(2014), por tal razón se aduce que existe mayor influencia del efecto ambiental y en menor proporción del efecto genético. También es menor a los valores obtenidos por CIP, (2007) en variedades de papas nativas con un promedio de 14,7 ppm de Zn. Por otra parte Tekalign & Hammes, (2005) señalan valores de 18,5 ppm en 4 variedades de papa, Burgos et al., (2007) indicó valores entre 8 y 20 ppm de Zn.

**Cuadro 32.** Promedios y prueba de Tukey (5%) para el contenido de zinc en el análisis combinado entre localidades. Tunshi/Chimborazo y Chiquicha/Tungurahua, 2015.

<b>Genotipos</b>	<b>Contenido de Zn (ppm)</b>
INIAP-Natividad	15,3 a
98-38-12	14,97 ab
07-28-2	14,97 ab
07-46-8	14,32 abc
07-32-15	14,28 abc
07-32-1	13,87 abc
07-24-18	13,82 abc
INIAP-Victoria	13,12 abcd
INIAP-Estela	12,4 bcd
07-40-1	12,2 bcd
Superchola	12,03 cd
97-25-3	12,03 cd
98-2-6	11,65 cd
INIAP-Fripapa	10,58 d

Elaborado por: Morales, V. 2015

### **3. Contenido de aluminio y cromo**

La localidad Tunshi (L1) presentó un promedio general de 13,19 ppm de Aluminio y de 0,11 ppm de cromo, mientras que en Chiquicha (L2) el promedio fue de 9,76 ppm de aluminio y para Cromo de 0,07 ppm.

Los resultados obtenidos en el análisis combinado para aluminio fueron de 11,5 ppm y para cromo de 0,09 ppm.

Burgos et al., (2007), señala que se ha tomado el contenido bajo de cromo y aluminio (<5 ppm) como indicador de ausencia de contaminación ya que en estudios realizados por Bonierbale et al., (2007) reportaron altos niveles de aluminio (75 ppm) acompañado



de concentraciones elevadas de hierro (115 ppm) por lo que sugirió una posible contaminación de las muestras con partículas del suelo o por errores producidos en el manejo de las muestras al usar equipos en mal estado.

Para evitar la contaminación del hierro por partículas del suelo y el equipo oxidado, ha sido un tema importante en la evaluación de la concentración de hierro y zinc se tome el contenido bajo de cromo y aluminio ( $<5 \text{ mg kg}^{-1}$ ) de las muestras como indicador de ausencia de contaminación. Woolfe, (1987).

Tomando los rangos establecidos por la citas bibliográficas se puede aducir que la concentración de aluminio en los genotipos esta sobre el rango óptimo, pero no al extremo con los datos registrados por Bonierbale et al., (2007), y el contenido de cromo es menor al rango óptimo ( $< 5 \text{ ppm}$ ), de tal forma que se puede señalar que no existió contaminación de las muestras en estudio.

#### **4. Contenido de vitamina C (mg/L)**

En el análisis de varianza para el contenido de Vitamina C (mg/L) (**Cuadro 33**) en la localidad Tunshi (L1) el factor genotipos, clones, variedades y la comparación de clones Vs variedades, presentaron diferencias significativas al 1%, mientras que el factor repeticiones no presentó diferencias estadísticas significativas.

En la localidad Chiquicha (L2) se estableció diferencias significativas al 1% para los factores genotipos y clones, mientras que el resto de factores no presentó diferencias estadísticas significativas.

El contenido de vitamina C en Tunshi (L1) fue de 79,43 mg/L y el coeficiente de variación 9,2 %, mientras que en la Localidad Chiquicha (L2) el promedio de vitamina C fue de 95,83 mg/L y el coeficiente de variación 12,98%.

**Cuadro 33.** Análisis de varianza para el contenido de vitamina C de en las localidades de Tunshi/Chimborazo y Chiquicha/ Tungurahua, 2015.

F de V	Gl	Cuadrados Medios	
		Tunshi (L1)	Chiquicha (L2)
<b>Total</b>	<b>41</b>		
<b>Repetición</b>	2	13,71 ns	28,95 ns
<b>Genotipo</b>	13	222,28 **	752,4 **
Clones	8	202,45 **	1040,01 **
Variedades	4	246,23 **	347,07 ns
Clones Vs Variedades	1	285,06 **	72,83 ns
<b>Error</b>	26	53,43	154,8
<b>Promedios (mg/L)</b>		79,43	95,83
<b>CV (%)</b>		9,2	12,98

\*\* =Significativo al 1%      \* =Significativo al 5%      ns =No significativo

Clones (97-25-3; 98-2-6; 98-38-12; 07-46-8; 07-40-1; 07-32-1; 07-32-15; 07-28-2; 07-24-18).

Variedades (INIAP-Natividad; INIAP-Estela; INIAP-Victoria; INIAP-Fripapa; Superchola)

Elaborado por: Morales, V. 2015

La prueba de Tukey al 5% para el contenido de vitamina C (mg/L) de los genotipos (**Cuadro 34**) en Tunshi (L1), estableció tres rangos, sobresaliendo el clon 07-40-1 con una concentración de vitamina C de 93,33mg/L y la variedad INIAP-Victoria con 91,00mg/L, mientras que en el último rango se ubicó la variedad INIAP-Estela con 67,33 mg/L y el clon 97-25-3 con una concentración de 66,67 mg/L y el resto de genotipos presentaron rangos intermedios. Mientras que en la Localidad de Chiquicha (L2) se ubicó en el primer rango (a) el clon 07-40-1 con una concentración de 122,00 mg/L, mientras que en el último rango (d) se ubicó el clon 97-25-3 con 65 mg/L.

**Cuadro 34.** Medias y prueba de Tukey (5%) de genotipos para el contenido de vitamina C, en Tunshi/Chimborazo y Chiquicha/ Tungurahua, 2015.

GENOTIPO	Vitamina C mg/L	
	Tunshi (L1)	Chiquicha(L2)
07-40-1	93,33 a	122,00 a
INIAP-Victoria	91,00 a	104,33 abc
98-2-6	86,00 ab	107,00 abc
07-28-2	85,67 ab	101,67 abcd
07-32-15	85,33 ab	99,00 abcd
07-32-1	84,67 ab	109,33 ab
07-24-18	82,33 ab	107,33 abc
Superchola	76,67 ab	92,00 abcd
07-46-8	76,33 ab	71,00 cd
INIAP-Natividad	73,00 ab	86,00 abcd
98-38-12	72,00 ab	89,00 abcd
INIAP-Fripapa	71,67 ab	82,00 bcd
INIAP-Estela	67,33 b	106,00 abc
97-25-3	66,67 b	65,00 d

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Elaborado por: Morales, V. 2015

El análisis de varianza combinado para el contenido de vitamina C, entre localidades (**Cuadro 35**) señala diferencias significativas al 1% para los factores localidades y genotipos mientras que no existió diferencias significativas para las otras fuentes de variación, dando un promedio general de 87,63 mg/L y un coeficiente de variación de 11,64 %.

**Cuadro 35.** Análisis de varianza combinado entre localidades para el contenido de vitamina C en Tunshi/Chimborazo y Chiquicha/ Tungurahua, 2015.

F de V	Gl	Cuadrados Medios
Total	83	
Localidades	1	5651,44 **
Repeticiones	4	28,95 ns
Genotipos	13	782,18 **
Localidad *Genotipo	13	194,13 ns
Error	52	104,12
Promedio (mg/L)		87,63
CV (%)		11,64

Elaborado por: Morales, V. 2015

La prueba de Tukey al 5% entre localidades (**Cuadro 36**) para el contenido vitamina C estableció dos rangos, sobresaliendo la localidad Chiquicha (L2) ubicándose en el primer rango (a) con 95,83 mg/L, mientras que la localidad Tunshi (L2) se ubicó en el último rango (b) con una concentración de 79,43 mg/L.

**Cuadro 36.** Medias y prueba de Tukey (5%) para el contenido de vitamina C en las localidades de Tunshi/Chimborazo y Chiquicha/Tungurahua, 2015.

<b>LOCALIDAD</b>	<b>Contenido de Vitamina C (mg/L)</b>
Chiquicha (L2)	95,83 a
Tunshi (L1)	79,43 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Elaborado por: Morales, V. 2015

La prueba de Tukey al 5% para el contenido de vitamina C (**Cuadro 37**) estableció nueve rangos, sobresaliendo el clon 07-40-1 ubicándose en el primer rango (a) con 107,67 mg/L, mientras que el clon 97-25-3 se ubicó en el último rango (e) con una concentración de 65,83 mg/L. Los genotipos que mantuvieron cierta estabilidad en su concentración en las dos localidades en estudio, fueron las variedades INIAP-Fripapa e INIAP-Natividad y el clon 97-25-3.

En un estudio realizado por Burgos et al., (2009) obtuvo concentraciones de vitamina C en un rango de 6,5 a 36,9 mg/100g con base en peso fresco, por lo que haciendo referencia con los resultados de esta investigación los genotipos en estudio mostraron concentraciones mayores que los reportados, Love & Pavek 2008; Cook & Reddy (2001) dicen que la papa es un alimento rico en vitamina C. La papa es una fuente excelente de vitamina C y es baja en el ácido fítico y los compuestos fenólicos, por lo que se recomendaría el consumo de las variedades INIAP-Victoria ya que de las cinco variedades fue la que presentó la mayor concentración con 97,67 mg/L.

**Cuadro 37.** Prueba de Tukey (5%) para el contenido de vitamina C entre localidades. Tunshi/Chimborazo y Chiquicha/ Tungurahua, 2015.

<b>GENOTIPOS</b>	<b>Contenido de Vitamina C (mg/L)</b>
07-40-1	107,67 a
INIAP-Victoria	97,67 ab
07-32-1	97 abc
98-2-6	96,5 abc
07-24-18	94,83 abc
07-28-2	93,67 abcd
07-32-15	92,17 abcd
INIAP-Estela	86,67 bcd
Superchola	84,33 bcde
98-38-12	80,5 bcde
INIAP-Natividad	79,5 bcde
INIAP-Fripapa	76,83 cde
07-46-8	73,67 de
97-25-3	65,83 e

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )  
Elaborado por: Morales, V. 2015

### C. HEREDABILIDAD EN SENTIDO AMPLIO

Los valores de heredabilidad para las variables nutricionales de hierro y zinc se presentan en el **Cuadro 38**.

El valor de heredabilidad de hierro determinado para la presente investigación es de 0.68, resultado que está muy cercano a los resultados ya obtenidos, por Brown et al., (2010) un valor de 0,76 y Bonierbale et al., (2008) reporto 0,97.

Para zinc se encontró un valor de 0,56 valor que está dentro de los ya reportados por Brown et al. (2011) y Bonierbale et al., (2008) señalaron valores de 0.61 y 0.54, respectivamente.

De acuerdo con Stanfield (1971), los caracteres se consideran de heredabilidad alta cuando ésta es mayor que 0.50, de heredabilidad media entre 0,20 a 0,50 y de heredabilidad baja si es menor a 0,20. Valores altos de heredabilidad sugieren que la variación existente es de naturaleza genética. Mientras que Pierce, (2009), manifiesta

que el valor de 0 indica que las diferencias en el genotipo no contribuyen a la varianza fenotípica y que todas las diferencias observadas provienen de la variación ambiental. Un valor 1 indica que toda la varianza fenotípica se debe a diferencias genotípicas. Los resultados obtenidos nos sugieren que la heredabilidad existente en los genotipos en estudio es de naturaleza genética.

**Cuadro 38.** Heredabilidad en sentido amplio para el contenido de hierro y zinc en Tunshi/Chimborazo y Chiquicha/ Tungurahua, 2015.

	<b>Hierro</b>	<b>Zinc</b>
<b>H<sup>2</sup></b>	0,68	0,56
<b>Interpretación</b>	Alta	Alta

Elaborado por: Morales, V. 2015

## **VI. CONCLUSIONES**

- a.** Los genotipos que servirían para posteriores trabajos de biofortificación debido que mantuvieron mayor estabilidad en las dos localidades en la concentración de hierro son el clon 07-24-18 y las variedades INIAP-Fripapa y Superchola; en el contenido de zinc el clon 98-38-12 y las variedades INIAP-Victoria e INIAP-Natividad; mientras que para Vitamina C el clon 97-25-3 y las variedades INIAP-Fripapa e INIAP-Natividad.
  
- b.** Al medir el efecto ambiental sobre el contenido de hierro, zinc y vitamina C, en dos provincias Chimborazo y Tungurahua, la interacción genotipo por localidad no fue significativa pero los efectos ambientales influyen sobre los efectos genéticos.
  
- c.** La concentración de hierro y zinc presentó una heredabilidad alta por lo que los resultados obtenidos nos sugieren que la heredabilidad existente en los genotipos en estudio es de naturaleza genética por lo cual se demuestra una alta variabilidad genética.
  
- d.** Los genotipos que presentaron un mayor rendimiento fue la variedad INIAP-Victoria, pero los más estables en las dos localidades fueron el clon 98-2-6 y las variedades INIAP-Estela e INIAP-Fripapa.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- a.** Para posteriores trabajos de biofortificación en otros ambientes se recomienda usar los genotipos que presentaron mayor estabilidad en las concentraciones de hierro, zinc, vitamina C y rendimiento, para confirmar las características de estos materiales.
  
- b.** Incluir a la variedad INIAP-Victoria en el programa de mejoramiento genético de papa para ser usado como progenitor debido a su buen comportamiento agronómico y alto rendimiento.



## **VIII. ABSTRACTO**

La investigación planteó: Estudiar la variación genética y ambiental sobre el contenido de Hierro, Zinc y Vitamina C, en catorce genotipos de papa (*Solanum tuberosum L.*) en el sector Tunshi, provincia de Chimborazo y la parroquia Chiquicha, provincia de Tungurahua. Se utilizó un DBCA, con 14 tratamientos y 4 repeticiones para variables agronómicas y 3 repeticiones para nutricionales. Para las localidades se utilizó un análisis combinado. Se trabajó con cinco variedades y nueve clones promisorios del Programa de Mejoramiento del INIAP. Las dos localidades se eligieron considerando la variación ambiental y se aplicó el mismo manejo agronómico. Las variables agronómicas evaluadas fueron: número de plantas emergidas, vigor, cobertura, madurez de planta, número de tubérculos por planta y rendimiento por planta. Después de la cosecha se evaluó el contenido de hierro, zinc, cromo, aluminio y vitamina C. El rendimiento por planta de I-Victoria sobresalió con 2,08 Kg/planta, pero los más estables fueron el clon 98-2-6 y las variedades I-Estela e I-Fripapa. El clon 98-38-12 presentó la mayor concentración de hierro con 25,67 ppm y los más estables fueron el clon 07-24-18 y las variedades I-Fripapa y Superchola. I-Natividad sobresalió en el contenido de zinc con 15,3 ppm, mientras que el clon 98-38-12 y las variedades I-Victoria e I-Natividad presentaron mayor estabilidad. El clon 07-40-1 sobresalió con el contenido de vitamina C con 107.67 mg/L, pero el clon 97-25-3 y las variedades I-Fripapa e I-Natividad presentaron mayor estabilidad. Al medir el efecto ambiental sobre el contenido de hierro, zinc y vitamina C, la interacción genotipo/localidad no fue significativa, pero los factores ambientales influyeron sobre los factores genéticos. La concentración de hierro y zinc presentó una heredabilidad alta, siendo esta de naturaleza genética.



**Por: Vilma Morales.**

## IX. ABSTRACT

The present research poses: Studying the genetic and environmental variation about the content of Iron, Zinc and Vitamin C, in fourteen potato genotypes (*Solanum tuberosum L*) in Tunshi sector, province of Chimborazo and the Chiquicha parish, province of Tungurahua. RCBD was used, with 14 treatments and 4 repetitions for agronomic variables and 3 repetitions for nutritional. For localities was used a combined analysis. It worked with five varieties and nine promissory clones of the improvement Program from INIAP, two localities were selected considering the environmental variation and it was applied the same agronomical management. The agronomical variables evaluated were: number of plants emerged, vigor, coverage, plant maturity, number of tubers per plant and yield per plant. After the harvest the content of iron, zinc, chromium, aluminum and vitamin C was evaluated. The yielding per plant of I-Victoria excelled with 2,08 Kg/plant, but the more stable were the 98-2-6 clone and the varieties I-Estela and I-Fripapa. The 98-38-12 clone presented the greater concentration of iron with 25,67 ppm and the more stable were the 07-24-18 clone and the varieties I-Fripapa and Superchola. I-Natividad excelled in the content of zinc with 15,3 ppm, while the 98-38-12 clone and the varieties I-Victoria and I-Natividad presented the greatest stability. The 07-40-1 clone excelled with the content of vitamin C with 107.67 mg/L, but the 97-25-3 clone while I-Fripapa and I-Natividad presented more stability. Measuring the environmental effect over the content of the iron, zinc and vitamin C, the genotype/locality interaction was not significant, but environmental factors influenced over the genetic factors. The iron and zinc concentration presented a high heritability; i.e. in the genotypes are from genetic nature showing a high genetic diversity.

By: Vilma Morales



## X. BIBLIOGRAFÍA

1. Agenda Nacional de Cooperación Técnica IICA & Banco Interamericano de Desarrollo. (1987). II Seminario, Nuevos enfoques para mejoramiento de la papa. Colombia. 456.
2. Agroecuador. (2011). *Producción de papa a nivel provincial*. Recuperado en [http://www.agroecuador.com/cultivo\\_papa](http://www.agroecuador.com/cultivo_papa). Consultado el 12/03/2015.
3. Agroecuador. (2013). *Cultivo de papa* Publicado en la Prensa, Recuperado en <http://www.agroecuador.com/papa-provincias>. Consultado el 16/02/2015.
4. Agrouniversidad. (2012). *Condiciones climáticas óptimas para el cultivo de papa*. Recuperado en <http://www.agrouniversidad.blogspot.com/archive.html>. Consultado el 13/03/2014.
5. Arcos, F. (2010). *Fertilización Edáfica y Foliar*. Riobamba - Ecuador. 35pp.
6. Bates, C. (1997). *Bioavailability of vitamin C*. European Journal of Clinical Nutrition. Canada. 28-33pp.
7. Bonierbale, M., Amoros, W., & Burgos. (2007). *Prospects for enhancing the nutritional value of potato by plant breeding*. African Potato Association Conference Proceedings, Vol. 7, pp. 26-46, 2007, Egypt (ISSN 3934).
8. Brown, C., Kathleen, G., Moore, M., Pavek, M., Hane, D., Love, S., Novy, R., & Miller, C. (2010). *Stability and broad-sense heritability of mineral content in potato: Zinc*. Canada. 87: 390-396.
9. Brown, C., Mark, J., Steven, L., Creighton & Miller, J. (2011). *Stability and Broad-sense Heritability of Mineral*. Content in Potato: Zinc. Canada.

10. 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. 668 pp.
11. Camadro, E. (1996). *Utilización del germoplasma en el mejoramiento de la papa*. Mejoramiento Genético. Lima. Cuzco. 75 pp.
12. CIAT. (2005). *Soluciones que cruzan fronteras*. Informe anual institucional. Del riesgo a la resistencia.
13. 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 el 12/03/2013. Recuperado de <http://www.cipotato.org>.
14. Cook, J., & Reddy. (2001). *Effect of ascorbic acid intake on nonheme-iron absorption from a complete diet*. The American Journal of Clinical Nutrition. 71: 73–93. USA.
15. COPENHAGEN. (2003). *Cost-Effectiveness of Biofortification*. Recuperado de <http://www.copenhagenconsensus.com>. Consultado el 19/03/2014.
16. Cuesta, X. (2010). *Recursos genéticos de papa y fitomejoramiento*. Quito: INIAP
17. Cuesta, X. (2008). *Guía para el manejo y toma de datos de ensayos de mejoramiento de papa*. Quito: INIAP-PNRT-Papa.
18. Cuesta, X. (2013). *Ministerio Coordinador de Conocimiento y Talento Humano. INIAP difunde el valor nutritivo de la papa y su contribución a la salud*. Quito EC. Recuperado de <http://www.conocimiento.gob.ec/iniap-difunde-el-valor-nutritivo-de-la-papa-y-su-contribucion-a-la-salud/>.

19. De Haan. (2006), Gómez et al, (2008), Gabriel et al, (2009). *Procedimientos para pruebas de evaluaciones estándar de clones avanzados de papa* Guía para Cooperadores Internacionales. Apartado 1558, Lima 12, Perú.
20. Devaux. Ordinola, M. Hibon, A. Flores, R. (2010). *El Sector Papa en la Región Andina: Diagnostico y Elementos para una Visión Estratégica* Bolivia, Ecuador y Perú. Quito: CIP.
21. Espinoza, M. (2006). *Selección participativa de clones promisorios de papa (Solanum sp.) con resistencia a tizón tardío (Phytophthora infestans)* Provenientes de varias fuentes en dos localidades. Quito – Pichincha: Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas. 130 p.
22. Estrada, R. (2000) *Mejoramiento genético de la papa resistencia a enfermedades. En: Nuevos Enfoques para el Mejoramiento Genético en Papa Para La Subregión Andina*, Quito – Ecuador: INIAP. p. 20.
23. Fairweather-Tait. (1983). Studies on the availability of Fe in potatoes. *British Journal of Nutrition*. 50:15-23. USA.
- a. FAO. (2008). Año Internacional de la papa y Alimentación a nivel Mundial Recuperado de: <http://www.potato2008.org/es//hojas.html>. Consultado el 17/02/2015
24. FAO. (2008). Agricultura mundial: Soberanía Alimentaria Recuperado de: <http://www.directoalpaladar.org/es//.html>. Consultado el 17/04/2015.
25. Frazao, E. (2005). *Nutrition and health characteristics of low-income populations: Clinic measures of iron, folate, vitamin B12, cholesterol, bone density and lead poisoning*. USDA/ERS Agriculture information bulletin 797. USA.
26. Gardner, W. (2002). *Principios de genética*. Cuarta edición. México: Limusa.

27. Grantham-Mcgregor, S. & Ani, C. (2001). *Review of studies on the effect of iron deficiency on cognitive development in children*. The Journal of Nutrition 131: 649S–666S. USA.
28. Gregorio, G. (2002). *Progress in breeding for trace minerals in staple crops*. The Journal of Nutrition 132: 500s–502s. USA.
29. Grupo de Evaluación Independiente del Banco Mundial (2009). *Mejora de la eficacia del soporte nutricional a través de la evaluación de impacto*, Washington DC. Recuperado de <http://www.bancomundial2009.com>. Consultado el 13 /03/ 2013.
30. 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.
31. Howard, H. (1970). *Genetics of the Potato*. Spinger Verlag N.Y.
32. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos-INEC. (2011). *Estadísticas y Censos*. Recuperado de <http://www.inec2011.com>. Consultado el 15/11/2014.
33. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos-INEC. (2013). *Estadísticas y Censos*. Recuperado de: [www.inec2013.com](http://www.inec2013.com). Consultado el 28/12/2014.
34. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias-INIAP. (2002). *El cultivo de la papa en el Ecuador*. Estación Experimental Santa Catalina Quito-Ecuador
35. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias-INIAP/PNRT-papa. (2006). *Guía para el Manejo y toma de Datos de Ensayos de Mejoramiento de Papa* 24pp. Quito.

36. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos-INEC. (2000) III Censo Nacional Agropecuario. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), Proyecto SICA. Quito.
37. Jaramillo, D. (2012). *Selección de dieciséis genotipos de papa (Solanum sp.) con tolerancia al déficit hídrico en dos localidades de la provincia de Chimborazo*. (Tesis de grado, Ingeniero Agrónomo). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba. 126 p.
38. Javelosa, J. (2006). *La medición de los beneficios potenciales de la biofortificación el caso del arroz de hierro*. Universidad de Florida. Filipinas.
39. Kagan, M. (2008). *Alimentación: Tecnología contra el hambre*. Medambien 48pp.
40. Kroman & Valverde, F. (2012). *Cultivo de papa*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Quito-Ecuador: INIAP. p. 10.
41. Levine, R. (1974). *Genética*. Segunda Edición. México: Limusa. 15 – 16pp.
42. Lopez,A. & Murray,C. (2006). *Global and regional burden of disease and risk factors, 2001: Systematic analysis of population health data*. Lancet 367.
43. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca-MAGAP. (2010). *Cultivo de papa*. Recuperado de <http://www.mag.go.cr/ciencia/>. Consultado el 09/03/2015.
44. Mendez, A. & Adair, L. (1999). *Severity and timing of stunting in the first two years of life affect performance on cognitive tests in late childhood*. The Journal of Nutrition 129: 1555–1562.
45. Mendoza, H. (2008). *Genética y Mejoramiento de la Papa en el Perú*. Año Internacional de la Papa. CIP.

46. Mendoza, H. & Sawyer, L. (1983) *Selection of Uniform Progenies to use TPS in comercial potato production*. In: Report of Planning Conference on Present and Future Strategies for for Potato Breeding and Improvement. Lima: CIP. pp. 87.
47. Navolato & Sinaloa (2012). SACSA. Recuperado de <http://www.sacsa.com> Consultado el 15 /03/1015.
48. O'neill, R. (2005). *Statistical Derivation of Nutrition Label for Raw Potatoes from 2001–2002* United States Department of Agriculture (USDA) Agricultural Research Service (ARS) Nutrient Data Laboratory (NDL) Data for Raw Russet, White, and Red Potatoes by Weighting by Market Share. FDA.
49. Oñate, F. (2004). Guía de Edafología. Quinto Semestre. Riobamba: ESPOCH. 67pp.
50. Organización Mundial de la Salud-OMS. (2000). *Contenido nutricional de las papas*. Recuperado de <http://www.potato2000.org>. Consultado el 18 /03/1015.
51. Organización Mundial de la Salud-OMS. (2009). *Las papas, la nutrición y la alimentación*. Recuperado de <http://www.potato2008.org/es/lapapa/html>. Consultado el 15 /03/1015.
52. Ortega, D. (2014). *Evaluación del comportamiento agronómico de genotipos de papa (Solanum tuberosum) con altos contenidos de hierro y zinc en dos localidades de la sierra Ecuatoriana*. (Tesis de grado, Ingeniero Agrónomo) Quito: Universidad Central del Ecuador. 56 p.
53. Ortega, E. (2008). *Sistemas alimentarios de Raíces y Tubérculos*. Maracay. Ven. FONAIAP/CIAE Monagas. 32 p. (Serie C n° 41). Venezuela.

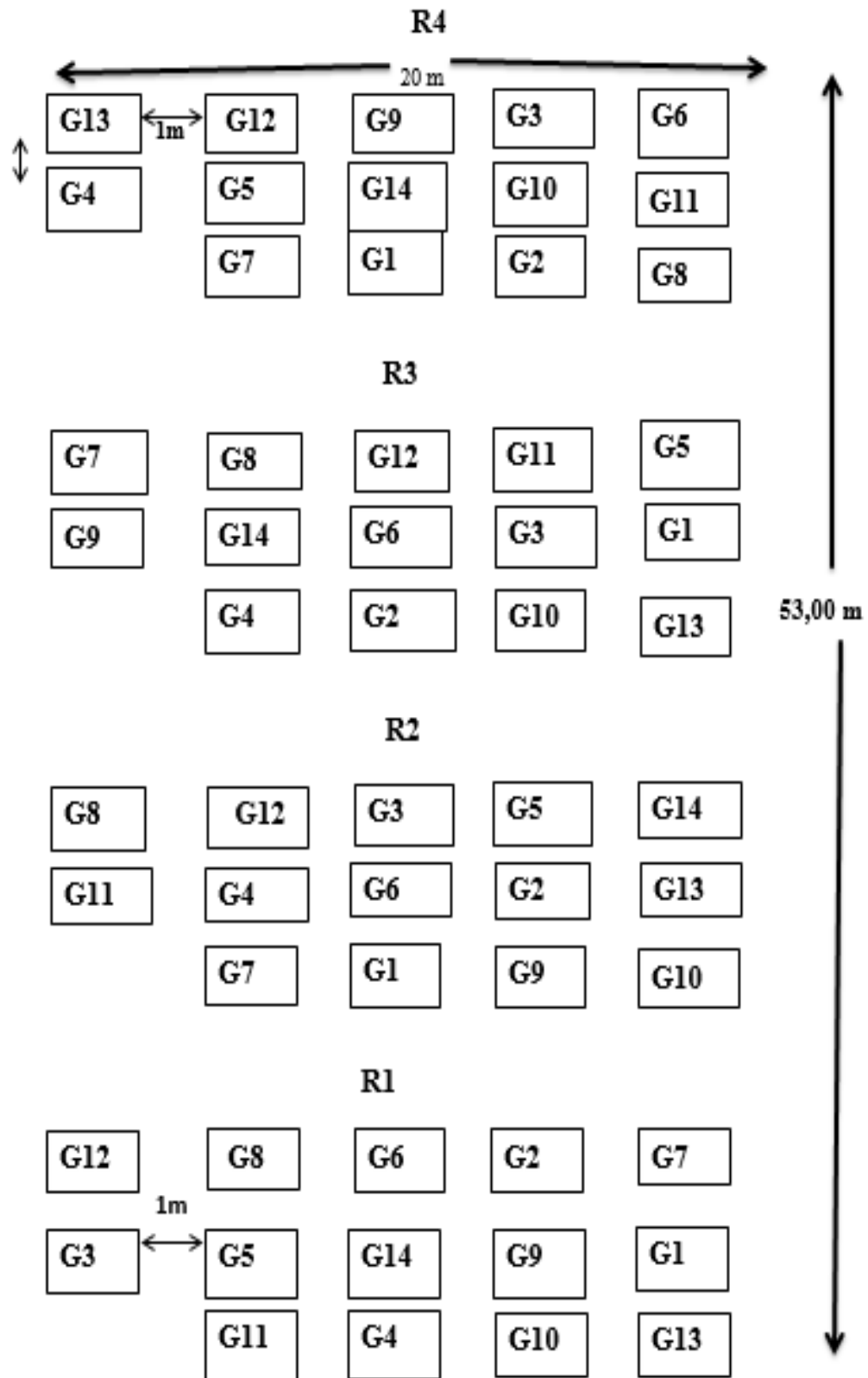


54. Peirano, P., Algarín, C., Chamorro, R., Reyes, S., Garrido, M. & Durán, S. (2009). *Sleep and neuro functions throughout child development: Lasting effects of early iron deficiency*. J Pediatr Gastroenterol Nutr; 48 Supl 1: 8-15.
55. Pertuz, L. (2008). Nutricionista Dietista. Especialista en ciencia y tecnología de alimentos Departamento de Nutrición. Universidad Nacional de Colombia Magíster en Medio Ambiente y Desarrollo. Recuperado de <http://www.nutricion.com/html>. Consultado el 03/02/2015.
56. Pozo, C. (2001). *Producción de tubérculos-semilla de Papa*. Manual de Capacitación Fascículo 2.3 Tuberización, tamaño de la semilla y corte de tubérculos. Lima: CIP. p. 1-18
57. Pumisacho, M. (2009). *Cultivo de la papa en Ecuador*. Quito – Ecuador: Centro Internacional de la papa.
58. Quemé, J., Melgar, M., & Urbina, R. (2007). *Modelos de estabilidad aplicados a la agricultura*. Agrosalud. Recuperado de: <http://agr.unne.edu.ar/fao/>.
59. Quimbita, A. (2010). *Estudio del comportamiento agronómico de genotipos de papa (Solanum tuberosum) para consumo en fresco e industrial. Tungurahua Ecuador*. (Tesis de grado, Ingeniero Agrónomo) Quito. Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas. 132 p.
60. Reyes, P. (1985). *Fitotécnia básica y aplicada*. México: AGT. S.A.
61. Rivadeneira, J. & Cuesta, X. (2012) Informe proyecto IssAndes. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias”. Programa Nacional de Raíces y Tubérculos Rubro – papa. Quito: INIAP. 6 p.
62. Rosenberg, M. (2007). *Global child health: Burden of disease, achievements and future challenges*. Current Problems in Pediatric and Adolescent Health Care 37: 338–362.

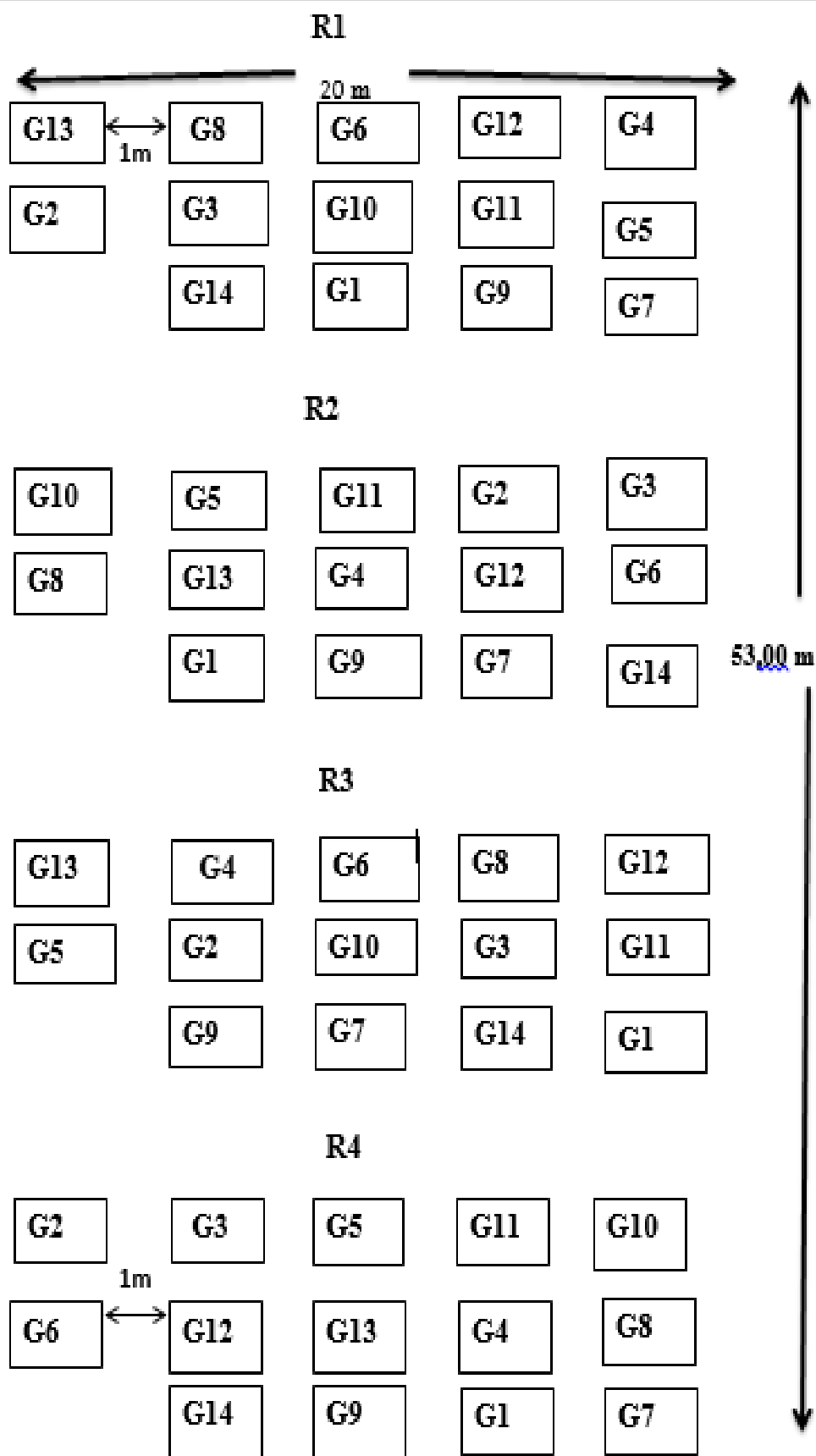
63. Rousselelle, Y. (1996). *La patata: producción, mejora, plagas y enfermedades*. Paris, FR: Mundi-Prensa. 122 p.
64. Salisbury, F. & Ross, C. (1992). *Plant physiology*, 682. Belmont: Wadsworth.
65. Scott, G., Rosegrant, M. & Ringler, C. (2005). *Raíces y tubérculos para el siglo 21 tendencias, proyecciones y opciones políticas*. Visión. Resumen 66p.
66. Subar, A., Krebs-Smith, A., Cook & Kahle. (1998). *Dietary sources of nutrients among US adults, 1989 to 1991*. Journal of the American Dietetic Association 98: 537–547. USA.
67. Tekalign, T. & Hammes, P. (2005). *Growth and productivity of potato as influenced by cultivar and reproductive growth*. II: Growth analysis, tuber yield and quality. Sci. Hort. 105: 29-44. USA.
68. Thopson, P. & MendozaH. (1984). *Genetic Variance Estimates in an Heterogenous Potato Population propagated from true seed*. Amer. Pot. J. 700- 702pp.
69. Van Jaarsveld, Mieke, S. Tanumihardjo, P. Nestel, C. Lombard,A. & Benade (2005). B- caroteno-ricos Mejora el estado de vitamina A de la Escuela Primaria Niños Evaluado con la prueba modificada relativa de dosis-respuesta "American Journal of ClinicalNutrition 81: 1080-1087. USA.
70. Villavicencio. & Vásquez, W. (2008). *Guía Técnica de Cultivos*. Quito, EC: INIAP. Manual N° 73, 444 p.
71. Welch. R. & Graham (2004). *Breeding for micronutrients in staple food crops from a human nutrition perspective*. Journal of Experimental Botany 55pp.
72. Woolfe, J. (1987) *The potato in the human diet* Cambridge University Press. 231pp.

# XI. ANEXOS

Anexo 1. Croquis del ensayo de la Localidad 1 (Tunshi-Chimborazo).



Anexo 2. Croquis del ensayo de la Localidad 2 (Chiquicha-Tungurahua).



**Anexo 3.** Variedades mejoradas en el estudio de la variación genética y ambiental en el contenido de hierro, zinc y vitamina C en catorce genotipos de papa (*Solanum tuberosum*).



I-Estela



I-Natividad



I-Fripapa



I-Victoria



Superchola

**Anexo 4.** Clones del PNRT-papa en el estudio de la variación genética y ambiental en el contenido de hierro, zinc y vitamina C en catorce genotipos de papa (*Solanum tuberosum*).



07-24-18



07-28-2



07-32-15



07-32-1



07-32-14



07-40-1



07-46-8



97-25-3



98-2-6



98-38-12

**Anexo 5.** Metodología para contenidos de hierro, zinc, aluminio y cromo.

Se aplicara la metodología vigente del Departamento de Manejo de Suelos y Aguas (DMSA) de la Estación Experimental Santa Catalina (EESC) del INIAP que consiste en los siguientes pasos:

**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:**

- ✓ Pesar  $0.25 \pm 0.0002$  g de material vegetal seco, molido y tamizado y colocar en un matraz erlenmeyer de 50 ml.
- ✓ Agregar 5 ml de la mezcla de ácido nítrico-perclórico relación 5:1, adicionar 3 o 4 nucleos de ebullición.
- ✓ Colocar los matraz 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.
- ✓ 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.
- ✓ 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 6.** 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:

- ✓ Pesar 3g de muestra, licuar y llevar a un volumen de 200 ml con agua destilada.
- ✓ Calibrar el equipo con la curva de calibración que viene con las tirillas.
- ✓ Tomar una tirilla y cerrar el tubo inmediatamente.
- ✓ Presionar la tecla STAR del reflectómetro e introducir de forma simultanea la tirilla analítica con ambas zonas de reacción durante aproximadamente 2 segundos en la muestra. Eliminar el exceso de líquido de la tirilla, sacudiéndola manualmente.
- ✓ 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.
- ✓ 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.
- ✓ 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.

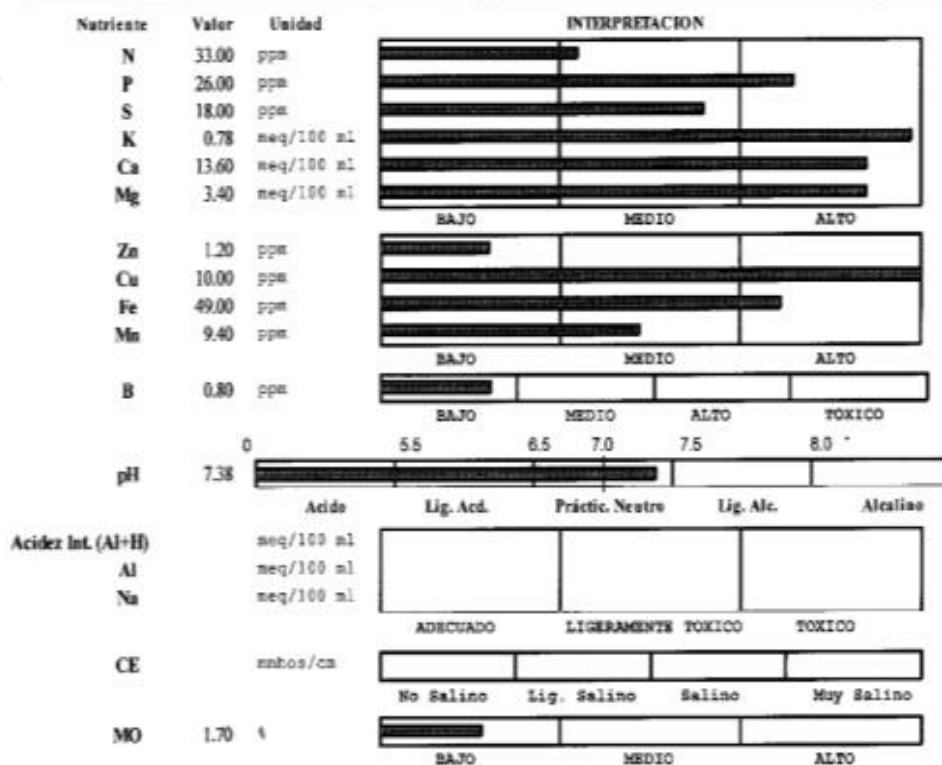


## Anexo 7. Análisis de suelo de la localidad 1 Chimborazo/Tunshi.

 <b>INIAP</b> <small>INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS</small>	<b>ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"</b> <b>LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS</b> Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340 Quito- Ecuador Telf: 690-691/92/93 Fax: 690-693	
--	--	---

**REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS**

<b>DATOS DEL PROPIETARIO</b> Nombre : VILMA MORALES (ESTACION EXPERIMENTAL) Dirección : CHIMBORAZO Ciudad : Teléfono : Fax :	<b>DATOS DE LA PROPIEDAD</b> Nombre : GRANJA EXP. TUNSHI Provincia : CHIMBORAZO Cantón : RIOBAMBA Parroquia : LICTO Ubicación :
<b>DATOS DEL LOTE</b> Cultivo Actual : PAPA Cultivo Anterior : TRIGO Fertilización Ant. : Superficie : Identificación : MUESTRA I	<b>PARA USO DEL LABORATORIO</b> N° Reporte : 4.263 N° Muestra Lab. : 47218 Fecha de Muestreo : 09/04/2014 Fecha de Ingreso : 14/04/2014 Fecha de Salida : 25/04/2014



Ca	Mg	Ca+Mg (meq/100ml)	%	ppm	Clase Textural (%)		
Mg	K	K	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla
4,0	4,4	21,8	17,8				


  
RESPONSABLE LABORATORIO

  
 LABORATORIO DPTO. MANEJO DE SUELOS  
 Y AGUAS -EESC  
 Telefax 2690-694  
 Correo electrónico: laboratorio.dmsa@iniap.gob.ec


  
LABORATORISTA

Anexo 8. Análisis de suelo de la localidad 2 Tungurahua/Chiquicha.

*Pelileo, Tungurahua*



**ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"**  
**LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS**  
 Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340  
 Quito- Ecuador Telf: 690-691/92/93 Fax: 690-693



**REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS**

**DATOS DEL PROPIETARIO**

Nombre : VILMA MORALES  
 Dirección : PELILEO  
 Ciudad :  
 Teléfono :  
 Fax :

**DATOS DE LA PROPIEDAD**

Nombre :  
 Provincia : TUNGURAHUA  
 Cantón : PELILEO  
 Parroquia :  
 Ubicación : PNRT-PAPA

**DATOS DEL LOTE**

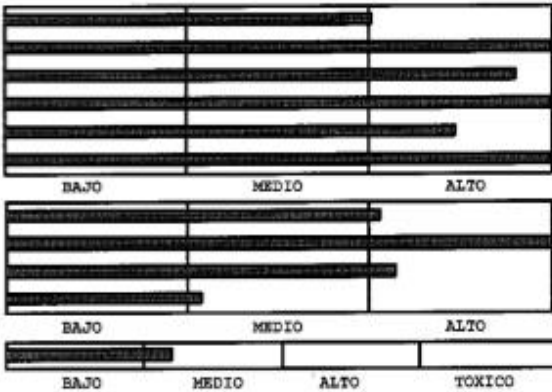
Cultivo Actual : HABA  
 Cultivo Anterior : PAPA  
 Fertilización Ant. :  
 Superficie :  
 Identificación : MUESTRA 1

**PARA USO DEL LABORATORIO**

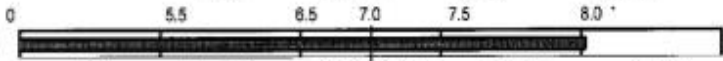
N° Reporte : 4.454  
 N° Muestra Lab. : 47235  
 Fecha de Muestreo : 14/05/2014  
 Fecha de Ingreso : 15/05/2014  
 Fecha de Salida : 26/05/2014

Nutriente	Valor	Unidad
N	61.00	ppm
P	233.00	ppm
S	36.00	ppm
K	1.70	meq/100 nl
Ca	11.80	meq/100 nl
Mg	4.30	meq/100 nl
Zn	7.40	ppm
Cu	11.60	ppm
Fe	46.00	ppm
Mn	5.80	ppm
B	1.20	ppm

**INTERPRETACION**



**pH** 8.26



Acido    Lig. Acid.    Práctic. Neutro    Lig. Alc.    Alcalino

**Acidez Int. (Al+H)** meq/100 nl

Al	Na
ADECUADO	LIGERAMENTE TOXICO

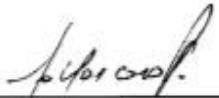
**CE** mhos/cm

No Salino	Lig. Salino	Salino	Muy Salino
BAJO	MEDIO	ALTO	


**MO** 2.70 %

BAJO	MEDIO	ALTO
------	-------	------

Ca	Mg	Ca+Mg	(meq/100ml)	%	ppm	(% )			Clase Textural
Mg	K	K	Σ Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla	
2,7	2,5	9,5	17,8						



RESPONSABLE LABORATORIO



LABORATORISTA

**Anexo 9.** Presupuesto para el estudio de la variación genética y ambiental sobre el contenido de hierro, zinc y vitamina C en genotipos de papa (*Solanum tuberosum* L.).

<b>RUBROS</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>Precio Unitario (USD)</b>	<b>TOTAL (USD)</b>
<b>INSUMOS</b>				
Semilla	qq	5,5	30,00	165,00
Fertilizantes	kg	3	35,00	105,00
<b>Preparación del suelo</b>				
Arada, rastrada, nivelada y surcada	Hora	6	12,00	72,00
<b>Manejo de los Ensayos</b>				
Siembra	Jornal	2	12,00	24,00
Rascadillo	Jornal	4	12,00	48,00
Medio aporque	Jornal	4	12,00	48,00
Aporque	Jornal	4	12,00	48,00
Riegos	Jornal	5	12,00	60,00
<b>Subtotal</b>				<b>570,00</b>
<b>MATERIALES DE OFICINA</b>				
Papel Bond	Resma	3	4,50	13,50
Libreta de apuntes	Unidad	2	1,00	2,00
Carpetas	Docena	1	2,50	2,50
Impresiones	Hojas	400	0,05	20,00
Anillados	Unidad	4	3,00	12,00
Empastado	Texto	5	20,00	100,00
<b>Subtotal</b>				<b>150,00</b>
<b>MATERIALES DE CAMPO</b>				
Piola	Rollo	1	1,5	1,5
Jabas	Unidad	20	18,00	360,00
Hobo	Unidad	1	135,00	250,00
<b>Subtotal</b>				<b>611,5</b>
<b>MOVILIZACIÓN</b>				
Combustible	Galón	100	1,10	110,00
Subsistencia	Diario	12	40,00	480,00
<b>Subtotal</b>				<b>590,00</b>
<b>OTROS</b>				
Análisis de suelos	Muestra	2	22,00	44,00
Análisis de hierro, zinc, aluminio, cromo y vitamina C.	Muestra	360	4,50	1620,00
Aranceles Facultad	Trámite	1	500,00	500,00

	tesis			
Visita de Tesis	Visita	1	100,00	100,00
<b>Subtotal</b>				<b>2264,00</b>
<b>TOTAL</b>				<b>4185,5</b>
<b>IMPREVISTOS</b>				
<b>Imprevistos (5 %)</b>				<b>203,53</b>
<b>TOTAL</b>				<b>4389,03</b>

### 7.1. Fuentes de financiamiento

Basándonos en el costo total por ciclo de cultivo, para la investigación el porcentaje que aportaran cada una de las fuentes de financiamiento, son las siguientes:

<b>FUENTE</b>	<b>MONTO (USD)</b>	<b>PORCENTAJE</b>
<b>IssAndes</b>	1910,03	43,52 %
<b>INIAP</b>	1829,00	41,67 %
<b>TESISTA</b>	650,00	14,81 %
<b>TOTAL</b>	4389,03	100 %

**Anexo 10.** Porcentaje de emergencia en las dos localidades en estudio.

<b>% DE EMERGENCIA / TUNSHI</b>						
<b>GENOTIPOS</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>R4</b>	<b>SUMATORIA</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>G1 (97-25-3)</b>	95	95	98	95	383	<b>96</b>
<b>G2 (98-2-6)</b>	93	98	98	100	388	<b>97</b>
<b>G3 (98-38-12)</b>	100	95	100	100	395	<b>99</b>
<b>G4 (07-46-8)</b>	95	98	98	98	388	<b>97</b>
<b>G5 (07-40-1)</b>	98	98	95	85	375	<b>94</b>
<b>G6 (07-32-1)</b>	100	90	93	98	380	<b>95</b>
<b>G7 (07-32-15)</b>	100	93	100	100	393	<b>98</b>
<b>G8 (07-28-2)</b>	88	100	93	95	375	<b>94</b>
<b>G9 (07-24-18)</b>	100	93	95	95	383	<b>96</b>
<b>G10 (INIAP-Natividad)</b>	98	100	98	95	390	<b>98</b>
<b>G11 (INIAP-Estela)</b>	100	95	98	95	388	<b>97</b>
<b>G12 (INIAP-Victoria)</b>	100	100	95	100	395	<b>99</b>
<b>G13 (INIAP-Fripapa)</b>	98	100	93	100	390	<b>98</b>
<b>G14 (Superchola)</b>	100	93	95	88	375	<b>94</b>

<b>% DE EMERGENCIA CHIQUICHA</b>						
<b>GENOTIPOS</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>R4</b>	<b>SUMATORIA</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>G1 (97-25-3)</b>	100	100	100	100	<b>400</b>	100
<b>G2 (98-2-6)</b>	100	100	98	100	<b>398</b>	99
<b>G3 (98-38-12)</b>	100	100	98	100	<b>398</b>	99
<b>G4 (07-46-8)</b>	95	98	98	100	<b>390</b>	98
<b>G5 (07-40-1)</b>	100	98	95	93	<b>385</b>	96
<b>G6 (07-32-1)</b>	100	98	93	93	<b>383</b>	96
<b>G7 (07-32-15)</b>	100	98	95	100	<b>393</b>	98
<b>G8 (07-28-2)</b>	93	100	100	100	<b>393</b>	98
<b>G9 (07-24-18)</b>	100	98	93	98	<b>388</b>	97
<b>G10 (INIAP-Natividad)</b>	100	100	100	100	<b>400</b>	100
<b>G11 (INIAP-Estela)</b>	100	100	100	100	<b>400</b>	100
<b>G12 (INIAP-Victoria)</b>	100	98	100	98	<b>395</b>	99
<b>G13 (INIAP-Fripapa)</b>	98	93	95	95	<b>380</b>	95
<b>G14 (Superchola)</b>	93	98	100	95	<b>385</b>	96

**Anexo 11.** Promedios para el vigor en las dos localidades.

<b>% VIGOR TUNSHI</b>			
<b>GENOTIPOS</b>	<b>PROMEDIO (60 dds)</b>	<b>PROMEDIO (70 dds)</b>	<b>PROMEDIO (80 dds)</b>
<b>G1 (97-25-3)</b>	5	5	5
<b>G2 (98-2-6)</b>	5	5	5
<b>G3 (98-38-12)</b>	5	5	4
<b>G4 (07-46-8)</b>	5	5	4
<b>G5 (07-40-1)</b>	3	5	5
<b>G6 (07-32-1)</b>	4	4	4
<b>G7 (07-32-15)</b>	5	5	5
<b>G8 (07-28-2)</b>	5	5	5
<b>G9 (07-24-18)</b>	5	5	5
<b>G10 (INIAP-Natividad)</b>	5	5	5
<b>G11 (INIAP-Estela)</b>	5	5	5
<b>G12 (INIAP-Victoria)</b>	5	5	5
<b>G13 (INIAP-Fripapa)</b>	5	5	5
<b>G14 (Superchola)</b>	5	5	5

<b>% VIGOR CHIQUICHA</b>			
<b>GENOTIPOS</b>	<b>PROMEDIO (60 dds)</b>	<b>PROMEDIO (70 dds)</b>	<b>PROMEDIO (80 dds)</b>
<b>G1 (97-25-3)</b>	5	5	5
<b>G2 (98-2-6)</b>	5	5	5
<b>G3 (98-38-12)</b>	5	5	5
<b>G4 (07-46-8)</b>	4	4	5
<b>G5 (07-40-1)</b>	4	4	5
<b>G6 (07-32-1)</b>	4	4	5
<b>G7 (07-32-15)</b>	5	5	5
<b>G8 (07-28-2)</b>	5	5	5
<b>G9 (07-24-18)</b>	5	5	5
<b>G10 (INIAP-Natividad)</b>	5	5	5
<b>G11 (INIAP-Estela)</b>	5	5	5
<b>G12 (INIAP-Victoria)</b>	5	5	5
<b>G13 (INIAP-Fripapa)</b>	5	5	5
<b>G14 (Superchola)</b>	5	5	5

**Anexo 12.** Promedios para cobertura en las dos localidades.

<b>% COBERTURA TUNSHI</b>			
<b>GENOTIPOS</b>	<b>PROMEDIO (60 dds)</b>	<b>PROMEDIO (70 dds)</b>	<b>PROMEDIO (80 dds)</b>
G1 (97-25-3)	5	5	5
G2 (98-2-6)	5	5	5
G3 (98-38-12)	5	5	4
G4 (07-46-8)	5	4	4
G5 (07-40-1)	3	4	4
G6 (07-32-1)	4	4	3
G7 (07-32-15)	5	5	5
G8 (07-28-2)	5	5	5
G9 (07-24-18)	5	5	5
G10 (INIAP-Natividad)	5	5	5
G11 (INIAP-Estela)	5	5	5
G12 (INIAP-Victoria)	5	5	5
G13 (INIAP-Fripapa)	5	5	5
G14 (Superchola)	5	5	5

<b>% COBERTURA CHIQUICHA</b>			
<b>GENOTIPOS</b>	<b>% COBERTURA (60 dds)</b>	<b>% COBERTURA (70 dds)</b>	<b>% COBERTURA (80 dds)</b>
G1 (97-25-3)	5	5	5
G2 (98-2-6)	5	5	5
G3 (98-38-12)	5	5	5
G4 (07-46-8)	4	4	4
G5 (07-40-1)	3	4	4
G6 (07-32-1)	3	4	4
G7 (07-32-15)	5	5	5
G8 (07-28-2)	5	5	5
G9 (07-24-18)	4	5	5
G10 (INIAP-Natividad)	5	5	5
G11 (INIAP-Estela)	5	5	5
G12 (INIAP-Victoria)	5	5	5
G13 (INIAP-Fripapa)	5	5	5
G14 (Superchola)	5	5	5

**Anexo 13.** Promedios para la madurez de planta en las dos localidades.

<b>% MADUREZ DE LA PLANTA TUNSHI</b>		
<b>GENOTIPOS</b>	<b>PROMEDIO (90 dds)</b>	<b>PROMEDIO (120 dds)</b>
<b>G1 (97-25-3)</b>	1	1
<b>G2 (98-2-6)</b>	1	1
<b>G3 (98-38-12)</b>	1	1
<b>G4 (07-46-8)</b>	1	1
<b>G5 (07-40-1)</b>	9	1
<b>G6 (07-32-1)</b>	1	1
<b>G7 (07-32-15)</b>	9	9
<b>G8 (07-28-2)</b>	9	1
<b>G9 (07-24-18)</b>	1	1
<b>G10 (INIAP-Natividad)</b>	1	1
<b>G11 (INIAP-Estela)</b>	1	1
<b>G12 (INIAP-Victoria)</b>	1	1
<b>G13 (INIAP-Fripapa)</b>	9	1
<b>G14 (Superchola)</b>	9	9

<b>% MADUREZ DE LA PLANTA CHIQUICHA</b>		
<b>GENOTIPOS</b>	<b>PROMEDIO (90 dds)</b>	<b>PROMEDIO (120 dds)</b>
<b>G1 (97-25-3)</b>	1	1
<b>G2 (98-2-6)</b>	1	1
<b>G3 (98-38-12)</b>	1	1
<b>G4 (07-46-8)</b>	1	1
<b>G5 (07-40-1)</b>	9	1
<b>G6 (07-32-1)</b>	1	1
<b>G7 (07-32-15)</b>	1	9
<b>G8 (07-28-2)</b>	1	1
<b>G9 (07-24-18)</b>	1	1
<b>G10 (INIAP-Natividad)</b>	1	1
<b>G11 (INIAP-Estela)</b>	1	1
<b>G12 (INIAP-Victoria)</b>	9	1
<b>G13 (INIAP-Fripapa)</b>	9	1
<b>G14 (Superchola)</b>	9	9



**Anexo 14.** Peso de tubérculos en las dos localidades.

<b>PESO DE TUBERCULOS TUNSHI</b>						
<b>GENOTIPOS</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>R4</b>	<b>SUMATORIA</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>G1 (97-25-3)</b>	1,5	1,4	1,3	1,8	6,0	1,5
<b>G2 (98-2-6)</b>	1,9	2,0	2,0	1,7	7,5	1,9
<b>G3 (98-38-12)</b>	1,6	1,8	1,9	1,6	6,9	1,7
<b>G4 (07-46-8)</b>	1,5	1,4	1,5	1,5	6,0	1,5
<b>G5 (07-40-1)</b>	1,3	1,3	0,9	0,9	4,4	1,1
<b>G6 (07-32-1)</b>	1,4	1,3	1,2	1,1	4,9	1,2
<b>G7 (07-32-15)</b>	1,9	1,5	1,6	1,5	6,5	1,6
<b>G8 (07-28-2)</b>	1,6	2,0	1,6	1,4	6,6	1,6
<b>G9 (07-24-18)</b>	1,7	1,8	1,4	1,6	6,5	1,6
<b>G10 (INIAP-Natividad)</b>	1,4	1,7	1,3	2,7	7,1	1,8
<b>G11 (INIAP-Estela)</b>	1,7	1,7	1,9	1,7	7,0	1,8
<b>G12 (INIAP-Victoria)</b>	2,2	2,5	1,9	1,9	8,4	2,1
<b>G13 (INIAP-Fripapa)</b>	1,8	1,9	2,2	2,0	7,8	2,0
<b>G14 (Superchola)</b>	1,6	1,8	1,8	1,5	6,7	1,7

<b>PESO DE TUBERCULOS CHIQUICHA</b>						
<b>GENOTIPOS</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>R4</b>	<b>SUMATORIA</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>G1 (97-25-3)</b>	1,8	1,5	1,6	1,9	6,8	1,7
<b>G2 (98-2-6)</b>	1,8	2,0	1,8	2,0	7,5	1,9
<b>G3 (98-38-12)</b>	1,9	1,2	1,5	1,7	6,4	1,6
<b>G4 (07-46-8)</b>	1,4	1,6	1,5	1,4	5,8	1,5
<b>G5 (07-40-1)</b>	1,4	1,1	1,2	1,2	4,9	1,2
<b>G6 (07-32-1)</b>	1,4	1,3	1,5	1,3	5,6	1,4
<b>G7 (07-32-15)</b>	1,5	0,9	1,4	2,0	5,7	1,4
<b>G8 (07-28-2)</b>	1,5	1,8	1,7	2,1	7,1	1,8
<b>G9 (07-24-18)</b>	1,9	1,6	2,0	2,0	7,4	1,9
<b>G10 (INIAP-Natividad)</b>	1,8	1,6	2,2	2,3	7,9	2,0
<b>G11 (INIAP-Estela)</b>	2,0	1,3	1,7	2,2	7,3	1,8
<b>G12 (INIAP-Victoria)</b>	1,7	1,8	1,9	2,7	8,0	2,0
<b>G13 (INIAP-Fripapa)</b>	1,7	2,0	1,3	2,6	7,6	1,9
<b>G14 (Superchola)</b>	1,3	1,5	1,8	2,1	6,7	1,7

**Anexo 15.** Número de tubérculos en las dos localidades.

NUMERO DE TUBERCULOS TUNSHI							
GENOTIPOS	R1	R2	R3	R4	SUMATORIA	PROMEDIO	
G1 (97-25-3)	19,4	22,1	23,2	26,5	91,2	22,8	
G2 (98-2-6)	22,8	22,0	21,9	20,3	87,0	21,8	
G3 (98-38-12)	19,0	20,4	17,5	14,8	71,7	17,9	
G4 (07-46-8)	16,0	14,3	27,0	12,7	70,0	17,5	
G5 (07-40-1)	15,4	15,9	16,2	11,6	59,1	14,8	
G6 (07-32-1)	16,4	11,8	17,5	11,0	56,7	14,2	
G7 (07-32-15)	38,4	41,4	30,1	32,0	141,9	35,5	
G8 (07-28-2)	14,1	14,1	15,8	18,1	62,1	15,5	
G9 (07-24-18)	16,1	17,1	9,1	13,1	55,4	13,9	
G10 (INIAP-Natividad)	20,6	24,6	21,7	20,6	87,5	21,9	
G11 (INIAP-Estela)	29,6	29,5	31,2	30,6	120,9	30,2	
G12 (INIAP-Victoria)	24,0	22,0	24,9	22,7	93,6	23,4	
G13 (INIAP-Fripapa)	22,4	20,0	19,4	17,1	78,9	19,7	
G14 (Superchola)	36,7	23,0	26,3	26,9	112,9	28,2	

NUMERO DE TUBERCULOS CHIQUICHA							
GENOTIPOS	R1	R2	R3	R4	SUMATORIA	PROMEDIO	
G1 (97-25-3)	24,1	15,2	20,3	21,9	81,5	20,4	
G2 (98-2-6)	31,4	25,8	24,5	25,4	107,1	26,8	
G3 (98-38-12)	19,9	20,9	18,3	15,0	74,1	18,5	
G4 (07-46-8)	15,4	16,5	14,0	9,6	55,5	13,9	
G5 (07-40-1)	11,0	11,3	10,4	12,1	44,8	11,2	
G6 (07-32-1)	13,4	19,5	16,2	11,6	60,7	15,2	
G7 (07-32-15)	34,3	26,8	42,5	40,8	144,4	36,1	
G8 (07-28-2)	13,7	17,0	18,7	16,9	66,3	16,6	
G9 (07-24-18)	16,7	14,8	12,4	16,4	60,3	15,1	
G10 (INIAP-Natividad)	30,1	15,7	24,7	27,4	97,9	24,5	
G11 (INIAP-Estela)	36,1	22,8	30,7	35,9	125,5	31,4	
G12 (INIAP-Victoria)	15,9	25,4	24,1	32,0	97,4	24,4	
G13 (INIAP-Fripapa)	18,4	22,2	16,6	35,1	92,3	23,1	
G14 (Superchola)	31,5	40,7	36,3	49,1	157,6	39,4	

**Anexo 16.** Contenido de hierro en las dos localidades.

<b>Contenido de Fe (ppm) TUNSHI</b>					
<b>GENOTIPOS</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>SUMATORIA</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>G1 (97-25-3)</b>	24,10	26,40	22,00	72,50	<b>24,17</b>
<b>G2 (98-2-6)</b>	19,90	21,80	27,80	69,50	<b>23,17</b>
<b>G3 (98-38-12)</b>	21,50	29,60	30,60	81,70	<b>27,23</b>
<b>G4 (07-46-8)</b>	19,30	28,40	22,50	70,20	<b>23,40</b>
<b>G5 (07-40-1)</b>	23,00	26,00	19,40	68,40	<b>22,80</b>
<b>G6 (07-32-1)</b>	25,10	26,70	32,90	84,70	<b>28,23</b>
<b>G7 (07-32-15)</b>	23,80	18,20	26,90	68,90	<b>22,97</b>
<b>G8 (07-28-2)</b>	25,00	23,70	22,50	71,20	<b>23,73</b>
<b>G9 (07-24-18)</b>	19,00	20,80	20,60	60,40	<b>20,13</b>
<b>G10 (INIAP-Natividad)</b>	19,00	21,30	18,40	58,70	<b>19,57</b>
<b>G11 (INIAP-Estela)</b>	22,30	18,00	18,80	59,10	<b>19,70</b>
<b>G12 (INIAP-Victoria)</b>	21,90	25,60	18,30	65,80	<b>21,93</b>
<b>G13 (INIAP-Fripapa)</b>	17,10	16,90	16,40	50,40	<b>16,80</b>
<b>G14 (Superchola)</b>	21,10	20,10	21,50	62,70	<b>20,90</b>

<b>Contenido de Fe (ppm) CHIQUICHA</b>					
<b>GENOTIPOS</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>SUMATORIA</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>G1 (97-25-3)</b>	25,40	18,80	19,10	63,30	<b>21,10</b>
<b>G2 (98-2-6)</b>	18,30	20,20	23,00	61,50	<b>20,50</b>
<b>G3 (98-38-12)</b>	22,90	24,90	24,50	72,30	<b>24,10</b>
<b>G4 (07-46-8)</b>	20,80	15,90	17,50	54,20	<b>18,07</b>
<b>G5 (07-40-1)</b>	21,80	18,50	16,00	56,30	<b>18,77</b>
<b>G6 (07-32-1)</b>	21,70	23,70	21,80	67,20	<b>22,40</b>
<b>G7 (07-32-15)</b>	20,00	20,60	21,80	62,40	<b>20,80</b>
<b>G8 (07-28-2)</b>	22,00	18,50	21,70	62,20	<b>20,73</b>
<b>G9 (07-24-18)</b>	21,30	21,30	17,30	59,90	<b>19,97</b>
<b>G10 (INIAP-Natividad)</b>	20,20	17,90	17,00	55,10	<b>18,37</b>
<b>G11 (INIAP-Estela)</b>	23,90	25,50	23,30	72,70	<b>24,23</b>
<b>G12 (INIAP-Victoria)</b>	17,80	19,40	15,60	52,80	<b>17,60</b>
<b>G13 (INIAP-Fripapa)</b>	15,30	18,40	15,90	49,60	<b>16,53</b>
<b>G14 (Superchola)</b>	20,10	21,40	19,40	60,90	<b>20,30</b>

**Anexo 17.** Contenido de zinc en las dos localidades.

<b>Contenido de Zn (ppm) TUNSHI</b>					
<b>GENOTIPOS</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>SUMATORIA</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>G1 (97-25-3)</b>	9,50	9,70	10,10	29,30	<b>9,77</b>
<b>G2 (98-2-6)</b>	8,50	9,50	11,30	29,30	<b>9,77</b>
<b>G3 (98-38-12)</b>	16,80	14,10	13,30	44,20	<b>14,73</b>
<b>G4 (07-46-8)</b>	13,10	11,50	12,80	37,40	<b>12,47</b>
<b>G5 (07-40-1)</b>	9,90	15,10	10,70	35,70	<b>11,90</b>
<b>G6 (07-32-1)</b>	9,30	11,70	12,40	33,40	<b>11,13</b>
<b>G7 (07-32-15)</b>	12,60	8,20	15,30	36,10	<b>12,03</b>
<b>G8 (07-28-2)</b>	11,60	16,10	11,90	39,60	<b>13,20</b>
<b>G9 (07-24-18)</b>	17,60	8,90	9,00	35,50	<b>11,83</b>
<b>G10 (INIAP-Natividad)</b>	18,20	10,90	11,30	40,40	<b>13,47</b>
<b>G11 (INIAP-Estela)</b>	13,80	8,30	8,90	31,00	<b>10,33</b>
<b>G12 (INIAP-Victoria)</b>	12,70	13,40	9,20	35,30	<b>11,77</b>
<b>G13 (INIAP-Fripapa)</b>	7,60	10,00	8,60	26,20	<b>8,73</b>
<b>G14 (Superchola)</b>	10,10	11,50	8,50	30,10	<b>10,03</b>

<b>Contenido de Zn (ppm) CHIQUICHA</b>					
<b>GENOTIPOS</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>SUMATORIA</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>G1 (97-25-3)</b>	12,30	14,60	16,00	42,90	<b>14,30</b>
<b>G2 (98-2-6)</b>	12,60	13,00	15,00	40,60	<b>13,53</b>
<b>G3 (98-38-12)</b>	13,00	16,30	16,30	45,60	<b>15,20</b>
<b>G4 (07-46-8)</b>	16,90	15,90	15,70	48,50	<b>16,17</b>
<b>G5 (07-40-1)</b>	11,50	12,90	13,10	37,50	<b>12,50</b>
<b>G6 (07-32-1)</b>	15,50	18,30	16,00	49,80	<b>16,60</b>
<b>G7 (07-32-15)</b>	14,00	15,70	19,90	49,60	<b>16,53</b>
<b>G8 (07-28-2)</b>	15,60	18,30	16,30	50,20	<b>16,73</b>
<b>G9 (07-24-18)</b>	16,00	17,90	13,50	47,40	<b>15,80</b>
<b>G10 (INIAP-Natividad)</b>	17,10	20,70	13,60	51,40	<b>17,13</b>
<b>G11 (INIAP-Estela)</b>	14,30	13,00	16,10	43,40	<b>14,47</b>
<b>G12 (INIAP-Victoria)</b>	16,00	12,50	14,90	43,40	<b>14,47</b>
<b>G13 (INIAP-Fripapa)</b>	11,80	15,10	10,40	37,30	<b>12,43</b>
<b>G14 (Superchola)</b>	10,40	13,10	18,60	42,10	<b>14,03</b>

**Anexo 18.** Contenido de cromo en las dos localidades.

<b>Contenido de Cr (ppm) TUNSHI</b>						
<b>GENOTIPOS</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>SUMATORIA</b>	<b>PROMEDIO</b>	
<b>G1 (97-25-3)</b>	0,20	0,50	0,10	0,80	<b>0,27</b>	
<b>G2 (98-2-6)</b>	0,20	0,00	0,10	0,30	<b>0,10</b>	
<b>G3 (98-38-12)</b>	0,10	0,10	0,20	0,40	<b>0,13</b>	
<b>G4 (07-46-8)</b>	0,10	0,20	0,20	0,50	<b>0,17</b>	
<b>G5 (07-40-1)</b>	0,10	0,10	0,10	0,30	<b>0,10</b>	
<b>G6 (07-32-1)</b>	0,10	0,10	0,10	0,30	<b>0,10</b>	
<b>G7 (07-32-15)</b>	0,10	0,10	0,20	0,40	<b>0,13</b>	
<b>G8 (07-28-2)</b>	0,20	0,10	0,10	0,40	<b>0,13</b>	
<b>G9 (07-24-18)</b>	0,10	0,00	0,10	0,20	<b>0,07</b>	
<b>G10 (INIAP-Natividad)</b>	0,10	0,10	0,10	0,30	<b>0,10</b>	
<b>G11 (INIAP-Estela)</b>	0,10	0,00	0,20	0,30	<b>0,10</b>	
<b>G12 (INIAP-Victoria)</b>	0,10	0,10	0,00	0,20	<b>0,07</b>	
<b>G13 (INIAP-Fripapa)</b>	0,10	0,10	0,00	0,20	<b>0,07</b>	
<b>G14 (Superchola)</b>	0,00	0,00	0,10	0,10	<b>0,03</b>	

<b>Contenido de Cr (ppm) CHIQUICHA</b>						
<b>GENOTIPOS</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>SUMATORIA</b>	<b>PROMEDIO</b>	
<b>G1 (97-25-3)</b>	0,20	0,10	0,10	0,40	<b>0,13</b>	
<b>G2 (98-2-6)</b>	0,10	0,10	0,10	0,30	<b>0,10</b>	
<b>G3 (98-38-12)</b>	0,00	0,10	0,00	0,10	<b>0,03</b>	
<b>G4 (07-46-8)</b>	0,00	0,10	0,10	0,20	<b>0,07</b>	
<b>G5 (07-40-1)</b>	0,10	0,10	0,10	0,30	<b>0,10</b>	
<b>G6 (07-32-1)</b>	0,10	0,10	0,10	0,30	<b>0,10</b>	
<b>G7 (07-32-15)</b>	0,10	0,10	0,10	0,30	<b>0,10</b>	
<b>G8 (07-28-2)</b>	0,10	0,10	0,10	0,30	<b>0,10</b>	
<b>G9 (07-24-18)</b>	0,00	0,10	0,00	0,10	<b>0,03</b>	
<b>G10 (INIAP-Natividad)</b>	0,00	0,10	0,00	0,10	<b>0,03</b>	
<b>G11 (INIAP-Estela)</b>	0,00	0,10	0,10	0,20	<b>0,07</b>	
<b>G12 (INIAP-Victoria)</b>	0,00	0,00	0,10	0,10	<b>0,03</b>	
<b>G13 (INIAP-Fripapa)</b>	0,10	0,00	0,10	0,20	<b>0,07</b>	
<b>G14 (Superchola)</b>	0,10	0,00	0,00	0,10	<b>0,03</b>	

**Anexo 19.** Contenido de aluminio en las dos localidades.

<b>Contenido de Al (ppm) TUNSHI</b>						
<b>GENOTIPOS</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>SUMATORIA</b>	<b>PROMEDIO</b>	
<b>G1 (97-25-3)</b>	11,80	12,20	11,50	35,50	<b>11,83</b>	
<b>G2 (98-2-6)</b>	8,80	16,90	17,80	43,50	<b>14,50</b>	
<b>G3 (98-38-12)</b>	10,50	15,50	12,80	38,80	<b>12,93</b>	
<b>G4 (07-46-8)</b>	21,70	10,80	26,30	58,80	<b>19,60</b>	
<b>G5 (07-40-1)</b>	14,60	11,90	10,50	37,00	<b>12,33</b>	
<b>G6 (07-32-1)</b>	8,60	8,40	16,70	33,70	<b>11,23</b>	
<b>G7 (07-32-15)</b>	19,10	15,40	12,90	47,40	<b>15,80</b>	
<b>G8 (07-28-2)</b>	12,70	12,90	14,80	40,40	<b>13,47</b>	
<b>G9 (07-24-18)</b>	14,50	7,70	11,00	33,20	<b>11,07</b>	
<b>G10 (INIAP-Natividad)</b>	13,00	8,50	14,00	35,50	<b>11,83</b>	
<b>G11 (INIAP-Estela)</b>	8,90	13,00	12,50	34,40	<b>11,47</b>	
<b>G12 (INIAP-Victoria)</b>	10,20	19,20	10,30	39,70	<b>13,23</b>	
<b>G13 (INIAP-Fripapa)</b>	13,50	14,10	10,00	37,60	<b>12,53</b>	
<b>G14 (Superchola)</b>	8,70	19,40	10,30	38,40	<b>12,80</b>	

<b>Contenido de Al (ppm) CHIQUICHA</b>						
<b>GENOTIPOS</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>SUMATORIA</b>	<b>PROMEDIO</b>	
<b>G1 (97-25-3)</b>	11,40	7,20	9,00	27,60	<b>9,20</b>	
<b>G2 (98-2-6)</b>	8,70	7,50	16,90	33,10	<b>11,03</b>	
<b>G3 (98-38-12)</b>	6,90	6,60	15,10	28,60	<b>9,53</b>	
<b>G4 (07-46-8)</b>	18,40	7,20	16,30	41,90	<b>13,97</b>	
<b>G5 (07-40-1)</b>	18,10	9,40	6,90	34,40	<b>11,47</b>	
<b>G6 (07-32-1)</b>	11,10	11,40	10,40	32,90	<b>10,97</b>	
<b>G7 (07-32-15)</b>	10,10	8,10	8,40	26,60	<b>8,87</b>	
<b>G8 (07-28-2)</b>	11,70	6,10	9,30	27,10	<b>9,03</b>	
<b>G9 (07-24-18)</b>	7,40	6,40	6,60	20,40	<b>6,80</b>	
<b>G10 (INIAP-Natividad)</b>	9,20	9,40	8,00	26,60	<b>8,87</b>	
<b>G11 (INIAP-Estela)</b>	13,00	12,80	8,20	34,00	<b>11,33</b>	
<b>G12 (INIAP-Victoria)</b>	6,80	12,60	15,20	34,60	<b>11,53</b>	
<b>G13 (INIAP-Fripapa)</b>	6,20	6,60	5,10	17,90	<b>5,97</b>	
<b>G14 (Superchola)</b>	7,10	11,70	5,30	24,10	<b>8,03</b>	

**Anexo 20.** Contenido de vitamina C en las dos localidades.

<b>CONTENIDO DE VITAMINA C (mg/L) CHIMBORAZO</b>					
<b>GENOTIPOS</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>SUMATORIA</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>G1 (97-25-3)</b>	71	68	61	200,00	<b>66,67</b>
<b>G2 (98-2-6)</b>	81	89	88	258,00	<b>86,00</b>
<b>G3 (98-38-12)</b>	80	63	73	216,00	<b>72,00</b>
<b>G4 (07-46-8)</b>	73	74	82	229,00	<b>76,33</b>
<b>G5 (07-40-1)</b>	98	100	82	280,00	<b>93,33</b>
<b>G6 (07-32-1)</b>	88	83	83	254,00	<b>84,67</b>
<b>G7 (07-32-15)</b>	85	96	75	256,00	<b>85,33</b>
<b>G8 (07-28-2)</b>	80	90	87	257,00	<b>85,67</b>
<b>G9 (07-24-18)</b>	80	87	80	247,00	<b>82,33</b>
<b>G10 (INIAP-Natividad)</b>	71	61	87	219,00	<b>73,00</b>
<b>G11 (INIAP-Estela)</b>	78	64	60	202,00	<b>67,33</b>
<b>G12 (INIAP-Victoria)</b>	86	98	89	273,00	<b>91,00</b>
<b>G13 (INIAP-Fripapa)</b>	73	69	73	215,00	<b>71,67</b>
<b>G14 (Superchola)</b>	76	78	76	230,00	<b>76,67</b>

<b>CONTENIDO DE VITAMINA C (mg/L) TUNGURAHUA</b>					
<b>GENOTIPOS</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>SUMATORIA</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>G1 (97-25-3)</b>	64	60	71	195,00	<b>65,00</b>
<b>G2 (98-2-6)</b>	118	117	86	321,00	<b>107,00</b>
<b>G3 (98-38-12)</b>	118	77	72	267,00	<b>89,00</b>
<b>G4 (07-46-8)</b>	68	67	78	213,00	<b>71,00</b>
<b>G5 (07-40-1)</b>	127	122	117	366,00	<b>122,00</b>
<b>G6 (07-32-1)</b>	114	108	106	328,00	<b>109,33</b>
<b>G7 (07-32-15)</b>	89	92	116	297,00	<b>99,00</b>
<b>G8 (07-28-2)</b>	99	96	110	305,00	<b>101,67</b>
<b>G9 (07-24-18)</b>	109	106	107	322,00	<b>107,33</b>
<b>G10 (INIAP-Natividad)</b>	86	75	97	258,00	<b>86,00</b>
<b>G11 (INIAP-Estela)</b>	98	118	102	318,00	<b>106,00</b>
<b>G12 (INIAP-Victoria)</b>	108	119	86	313,00	<b>104,33</b>
<b>G13 (INIAP-Fripapa)</b>	82	91	73	246,00	<b>82,00</b>
<b>G14 (Superchola)</b>	83	91	102	276,00	<b>92,00</b>