

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



## FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

### MAESTRÍA EN AGROECOLOGÍA Y AMBIENTE

**Tema:**

---

“LA BIOFORTIFICACIÓN AGRONÓMICA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD NUTRICIONAL DE TUBÉRCULOS DE CULTIVARES DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) EN LA PARROQUIA GUANUJO”

---

Trabajo de Investigación, previo a la obtención del Grado Académico de  
Magister en Agroecología y Ambiente

**Autor:** Ingeniero Rubén Darío Saltos Espín.

**Director:** Ingeniero Jorge Enrique Dobronski Arcos, Magister.

**Ambato - Ecuador**

**2016**

**A LA UNIDAD ACADÉMICA DE TITULACIÓN DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS.**

El Tribunal de Defensa del Trabajo de Investigación presidido por el Ingeniero José Hernán Zurita Vásquez Magister, e integrado por los señores Ingeniero Jorge Santiago Espinoza Vaca Magister, Ingeniero Juan Carlos Aldas Jarrín Magister, Ingeniera Nelly del Pilar Pazmiño Miranda Magister, designados por la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, para receptor la defensa oral del Trabajo de Titulación para graduación con el tema: **“La Biofortificación agronómica para el mejoramiento de la calidad nutricional de tubérculos de cultivares de papa (*Solanum tuberosum* L.) en la parroquia Guanujo”**, elaborado y presentado por el señor Ingeniero Rubén Darío Saltos Espín, para optar por el Grado Académico de Magister en Agroecología y Ambiente; una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Investigación el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la UTA.

.....  
Ing. José Hernán Zurita Vásquez, Mg.  
Presidente del Tribunal

.....  
Ing. Jorge Santiago Espinoza Vaca, Mg.  
Miembro del Tribunal

.....  
Ing. Juan Carlos Aldas Jarrín, Mg.  
Miembro del Tribunal

.....  
Ing. Nelly del Pilar Pazmiño Miranda, Mg.  
Miembro del Tribunal

## AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el Trabajo de Investigación presentado con el tema: **“La Biofortificación agronómica para el mejoramiento de la calidad nutricional de tubérculos de cultivares de papa (*Solanum tuberosum* L.) en la parroquia Guanujo”**, le corresponde exclusivamente a: Ingeniero Rubén Darío Saltos Espín, Autor bajo la Dirección de Ingeniero Jorge Enrique Dobronski Arcos Magister, Director del Trabajo de Investigación; y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.

.....  
Ingeniero Rubén Darío Saltos Espín

CC. 0201812724

Autor

.....  
Ingeniero Jorge Enrique Dobronski Arcos Magister

CC. 1706281258

Director

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que el Trabajo de Investigación sirva como documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi Trabajo de Investigación, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad.

.....  
Ingeniero Rubén Darío Saltos Espín

C.C. 0201812724

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

	<b>Pág.</b>
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO .....	i
A LA UNIDAD ACADÉMICA DE TITULACIÓN DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS. ....	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS .....	v
AGRADECIMIENTO .....	xiv
DEDICATORIA .....	xv
RESUMEN EJECUTIVO .....	xvi
EXECUTIVE SUMMARY .....	xvii
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.1. TEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	3
1.2.1. Contextualización .....	3
1.2.1.1.Contexto macro .....	3
1.2.1.2.Contexto meso.....	4
1.2.1.3.Contexto micro.....	4
1.2.2. Análisis crítico .....	5
1.2.2.1.Árbol de problemas .....	6
1.2.3. Prognosis .....	6
1.2.4. Formulación del problema .....	7
1.2.5. Preguntas directrices .....	7
1.2.6. Delimitación .....	7
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	8

1.4. OBJETIVOS .....	8
1.4.1. Objetivo general.....	8
1.4.2. Objetivos específicos .....	8
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	10
2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS .....	10
2.2. FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA.....	10
2.3. FUNDAMENTACIÓN LEGAL .....	11
2.4. CATEGORÍAS FUNDAMENTALES .....	12
2.4.1. Origen de la papa .....	12
2.4.2. Clasificación Taxonómica.....	12
2.4.3. Características Botánicas .....	13
2.5. Clima y Suelo .....	14
2.5.1. Clima .....	14
2.6. Labores del Cultivo .....	15
2.6.1. Tipos de fertilización .....	17
2.6.1.1.Fertilización química.....	17
2.6.1.2.Fertilización orgánica.....	17
2.7. Variedades.....	19
2.7.1. CARACTERÍSTICAS DE LA VARIEDAD INIAP Estela .....	19
2.7.1.1.Origen de la variedad .....	19
2.7.1.2.Características morfológicas .....	19
2.7.1.3.Características agronómicas .....	19
2.7.2. CARACTERÍSTICAS DE LA VARIEDAD INIAP Victoria .....	20
2.7.2.1.Origen de la variedad .....	20
2.7.2.2.Características morfológicas .....	20
2.7.2.3.Características agronómicas .....	20

2.7.2.4. Características de calidad .....	21
2.8. Marco conceptual variable independiente .....	21
2.9. Marco conceptual variable dependiente.....	25
2.10. HIPÓTESIS .....	30
2.11. SEÑALAMIENTO VARIABLES DE LA HIPÓTESIS .....	30
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	31
3.1. ENFOQUE .....	31
3.2. MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	31
3.2.1. Investigación de campo.....	31
3.2.2. Investigación bibliográfica-documental .....	31
3.3. NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	32
3.3.1. Investigación exploratoria.....	32
3.4. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO .....	32
La presente investigación se desarrolló en: .....	32
3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA .....	33
3.5.1. Población .....	33
3.5.2. Muestra.....	33
3.6 MÉTODOS .....	33
3.7 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....	35
3.7.2 Operacionalización de la variable independiente .....	36
3.7.3 Operacionalización de la variable dependiente .....	36
3.8 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN .....	37
3.8.2 Plan para la recolección de información .....	37
3.9 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS.....	39
3.9.2 Manejo del ensayo .....	39
3.9.2.1 Análisis químico del suelo.....	39

3.9.2.2 Análisis químico de la muestra de abono orgánico.....	39
3.9.2.3 Preparación del suelo y labores culturales .....	39
3.9.2.4 Surcado .....	39
3.9.2.5 Fertilización química y orgánica .....	40
3.9.2.6 Siembra .....	40
3.9.2.7 Controles fitosanitarios.....	41
3.9.2.8 Control de malezas .....	41
3.9.2.9 Medio aporque y aporque.....	41
3.9.2.10 Cosecha.....	41
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	42
4.1. ALTURA DE PLANTA (AP) .....	42
4.2. NÚMERO DE TALLOS POR PLANTA (NTPP).....	45
4.3. NÚMERO DE TUBÉRCULOS POR PLANTA (NTPP) .....	47
4.4. RENDIMIENTO POR HECTÁREA (t/ha) .....	51
4.5. PORCENTAJE DE MATERIA SECA DE TUBÉRCULOS (PMST).....	58
4.6. CONTENIDO DE MATERIA SECA DE LOS TUBÉRCULOS (CMST).....	59
4.7. EXTRACCIÓN DE ZINC EN TUBÉRCULOS (g/ha) .....	65
4.8. CONCENTRACIÓN DE ZINC EN TUBÉRCULOS (PPM) .....	68
4.9. EFICIENCIA DE ABSORCIÓN DE ZINC (%) .....	70
4.10. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN Y REGRESIÓN LINEAL.....	71
4.11. ANÁLISIS ECONÓMICO RELACIÓN BENEFICIO COSTO .....	72
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	75
5.1. CONCLUSIONES .....	75
5.2. RECOMENDACIONES .....	77
CAPÍTULO VI. PROPUESTA .....	78
6.1. TÍTULO .....	78

6.2. FUNDAMENTACIÓN .....	78
6.3. OBJETIVO GENERAL .....	79
6.4. JUSTIFICACIÓN.....	79
6.5. IMPLEMENTACIÓN Y PLAN DE ACCIÓN.....	80
6.5.1 Preparación del suelo y labores culturales.....	80
6.5.2 Surcado y siembra.....	80
6.5.3 Fertilización mineral y orgánica.....	80
6.5.4 Medio Aporque y Aporque.....	80
6.5.5 Riego.....	81
6.5.6 Controles Fitosanitarios.....	81
6.5.7 Control de Malezas.....	81
6.5.8 Cosecha.....	81
BIBLIOGRAFÍA .....	82
ANEXOS	

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<i>Tabla 1.</i> Cosecha del producto y clasificación.....	18
<i>Tabla 2.</i> Características de calidad de la variedad INIAP-Estela.....	20
<i>Tabla 3.</i> Arreglo factorial de la investigación.....	34
<i>Tabla 4.</i> Esquema del Análisis de Varianza .....	35
<i>Tabla 5.</i> Cantidad de fertilizantes químico para la aplicación en el cultivo de papa. ....	40
<i>Tabla 6.</i> Análisis de varianza en la variable altura de planta. ....	42
<i>Tabla 7.</i> Resultados de la prueba de Tukey al 5 % para comparar los promedios de variedades (Factor A), en la variable altura de planta. ....	43
<i>Tabla 8.</i> Resultados de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios de la fertilización química (Factor B), en la altura de planta. ....	44
<i>Tabla 9.</i> Análisis de varianza en la variable número de tallos por planta. ....	45
<i>Tabla 10.</i> Resultados de la prueba de Tukey al 5 % para comparar los promedios de fertilización química (Factor A), en el número de tallos por planta. ....	46
<i>Tabla 11.</i> Análisis de varianza en la variable número de tubérculos de planta. ....	47
<i>Tabla 12.</i> Resultados de la prueba de Tukey al 5 % para comparar los promedios de la fertilización química (Factor B), en el número de tubérculos por planta. ...	48
<i>Tabla 13.</i> Resultados de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios de la interacción A x B en la variable número de tubérculos por planta. ....	49
<i>Tabla 14.</i> Análisis de varianza en la variable rendimiento por hectárea (t/ha).....	51
<i>Tabla 15.</i> Resultados de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios de la fertilización química (Factor A), en el rendimiento de papa (t/ha). ....	52
<i>Tabla 16.</i> Resultados de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios de la interacción A x B en el rendimiento de papa (t/ha).....	53
<i>Tabla 17.</i> Resultados de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios de la fertilización orgánica (Factor B), en el rendimiento de papa (t/ha).....	54
<i>Tabla 18.</i> Resultados de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios de la interacción B x C en el rendimiento de papa (t/ha). ....	56
<i>Tabla 19.</i> Análisis de varianza en la materia seca de los tubérculos (CMST).....	59

<i>Tabla 20.</i>	Resultados de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios de la fertilización química (Factor B), en la materia seca de los tubérculos. ....	60
<i>Tabla 21.</i>	Resultados de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios de la interacción A x B en la materia seca de los tubérculos. ....	61
<i>Tabla 22.</i>	Resultados de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios de la fertilización orgánica (Factor B), en la materia seca de los tubérculos. ....	62
<i>Tabla 23.</i>	Resultados de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios de la interacción B x C en la materia seca de los tubérculos. ....	63
<i>Tabla 24.</i>	Extracción de zinc en tubérculos (g/ha). ....	65
<i>Tabla 25.</i>	Resultados de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios de la fertilización química (Factor B), en extracción de zinc en tubérculos (g/ha). ....	66
<i>Tabla 26.</i>	Resultados de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios la fertilización orgánica (Factor B), en la variable extracción de zinc en tubérculos (g/ha). ....	67
<i>Tabla 27.</i>	Análisis de correlación y regresión lineal de las variables independientes (Xs), que tuvieron una significancia estadística con el rendimiento de papa evaluado en t/ha. ....	71
<i>Tabla 28.</i>	Análisis Económico, Relación Beneficio / Costo de los tratamientos en estudio. ....	74

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Árbol de problemas .....	6
Figura 3. Distribución de los principales componentes de la papa.....	26
Figura 4. Resultado de las variedades en la variable altura de planta en cm. ....	43
Figura 5. Resultado de la fertilización química en la variable altura de planta en cm.....	44
Figura 6. Resultado de la fertilización química en la variable número de tallos por planta .....	46
Figura 7. Resultado de la fertilización química en la variable número de tubérculos de planta. ....	48
Figura 8. Efecto de los factores A x B en el número de tubérculos por planta.....	50
Figura 9. Resultado de la fertilización química en el rendimiento de papa (t/ha). ....	52
Figura 10. Interacción de A x B en el rendimiento de papa (t/ha).....	53
Figura 11. Resultado de la fertilización orgánica en el rendimiento de papa (t/ha). ....	55
Figura 12. Efecto de los tratamientos B x C en el rendimiento de papa (t/ha). ....	56
Figura 13. Efecto de los tratamientos en el porcentaje de materia seca de tubérculos. ....	58
Figura 14. Resultado de la fertilización química en la variable materia seca de los tubérculos. ....	60
Figura 15. Efecto de los tratamientos A x B en la materia seca de los tubérculos. ....	61
Figura 16. Resultado de la fertilización orgánica en la materia seca de los tubérculos. ...	62
Figura 17. Efecto de la interacción B x C en la materia seca de los tubérculos. ....	64
Figura 18. Resultado de la fertilización química en la variable extracción de zinc en tubérculos (g/ha).....	66
Figura 19. Resultado de la fertilización orgánica en la extracción de zinc en tubérculos (g/ha).....	67
Figura 20. Efecto de los tratamientos sobre la concentración de zinc en tubérculos (ppm).....	68
Figura 21. Efecto de los tratamientos sobre la eficiencia de absorción de zinc (%) para comparar los promedios de los tratamientos. ....	70

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
<b>Anexo 1.</b> Ubicación del ensayo.....	99
<b>Anexo 2.</b> Análisis de suelo.....	100
<b>Anexo 3.</b> Reporte de análisis abono orgánico .....	101
<b>Anexo 4.</b> Reporte de análisis de las muestras de tubérculos.....	102
<b>Anexo 5.</b> Reporte de análisis de las muestras de follaje .....	103
<b>Anexo 6.</b> Registro fotográfico.....	104
<b>Anexo 7.</b> Tabla de datos.....	105

## **AGRADECIMIENTO**

A los Docentes de la Maestría en Agroecología y Ambiente II versión de la Universidad Técnica de Ambato y en especial al Ing. Jorge Enrique Dobronski Arcos, Mg., como Director de Tesis, así como también a los Ingenieros Jorge Santiago Espinoza Vaca, Mg., Luis Alfredo Villacis Aldaz, Mg., Olguer Alfredo León Gordón, Mg., como miembros de mi Tribunal, quienes con sapiencia supieron impartir sus conocimientos que fue la base fundamental para la formulación del proyecto de tesis y al Ing. Ronald Casalliglla López, por su apoyo en la gestión administrativa.

Al Ing. Víctor Abril. Ph.D., con quien durante su cátedra de metodología de investigación formulamos el proyecto de investigación.

A la Fundación Familia Salesiana por todo el apoyo brindado para el desarrollo de esta investigación en especial al Padre Antonio Polo.

Ing. Rubén Darío Saltos Espín

## DEDICATORIA

*A mis padres, por estar conmigo, por enseñarme a crecer y a que si caigo debo levantarme, por apoyarme y guiarme, por ser las bases que me ayudaron a llegar hasta aquí. A mi hermano que desde el cielo me brinda todo su apoyo.*

*El presente trabajo es dedicado a mi familia, a mi esposa Martha González y a mi hija Emily Saltos quienes han sido parte fundamental para escribir este documento, ellas son quienes me dan grandes enseñanzas y los principales protagonistas de este “sueño alcanzado”.*

*Al final quiero felicitar el trabajo realizado a mi “yo interior” por el esfuerzo realizado ante la continua lucha entre las fuerzas internas y externas presentes en nuestras vidas...*

*Rubén Darío Saltos Espín*

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**MAESTRÍA EN AGROECOLOGÍA Y AMBIENTE**

**TEMA:**

“La Biofortificación agronómica para el mejoramiento de la calidad nutricional de tubérculos de cultivares de papa (*Solanum tuberosum* L.), en la parroquia Guanujo”.

**Autor:** Ingeniero Rubén Darío Saltos Espín.

**Director:** Ingeniero Jorge Enrique Dobronski Arcos Magister.

**Fecha:** 28 de junio 2016.

**RESUMEN EJECUTIVO**

La papa tiene un rol clave en la cadena alimenticia global. Ella es, fuera de los cereales, el alimento más importante en el mundo. El alto consumo de papa en la región andina entre ellos el Ecuador enfrenta serios problemas relacionados con la nutrición y alimentación, los cuales son más severos en la población infantil por su bajo contenido de minerales como hierro y zinc, con sus complicaciones. Esta investigación utilizó un Diseño de Parcela Subdividida en Bloques Completos al Azar, dos variedades de papa, fertilización química y fertilización orgánica con 3 repeticiones. Se encontraron diferencias estadísticas para la aplicación de fertilización química, orgánica e interacción sobre el rendimiento y contenido de zinc en los tubérculos de papa. En la Variedad INIAP-Estela el tratamiento T3 presentó una concentración de zinc de 18 ppm, mientras que en la variedad INIAP-Victoria el tratamiento T7 presentó una concentración de zinc de 16,5 ppm. La aplicación de materia orgánica al suelo presento mayor eficiencia en la absorción de zinc en tubérculos con un promedio de 8,75% a diferencia de la aplicación mineral.

**Palabras claves:** Micronutrientes, deficiencia, calidad nutricional, variedades de papa, materia orgánica, fertilización química, rendimiento, zinc, edáfico, nutrición.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTADA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**MAESTRÍA EN AGROECOLOGÍA Y AMBIENTE**

**THEME:**

"The agricultural biofortification for improving nutritional quality tuber potato cultivars  
(*Solanum tuberosum* L.) in the parish Guanujo".

**Author:** Engineer Rubén Darío Saltos Espín.

**Director by:** Engineer Jorge Enrique Dobronski Arcos Magister.

**Date:** 28 de June 2016.

**EXECUTIVE SUMMARY**

Potato plays a key role in the global food chain. She is, outside cereals, the most important food in the world. The high consumption of potatoes in the Andean region among them Ecuador faces serious problems related to nutrition and food, which are more severe in children due to their low content of minerals such as iron and zinc, with complications. This research used a Plot Design Subdivided in Complete Blocks Random, two varieties of potato, chemical fertilization and organic fertilization with 3 replicates. Statistical differences were found for the application of chemical, organic fertilization and interaction on yield and zinc content in potato tubers. In the INIAP-Estela variety the T3 treatment had a zinc concentration of 18 ppm, while in the INIAP-Victoria variety the T7 treatment had a zinc concentration of 16.5 ppm. The application of organic matter to the soil presented greater efficiency in the absorption of zinc in tubers with an average of 8.75% as opposed to the mineral application.

**Keywords:** Micronutrient deficiency, nutritional quality, potato varieties, zinc, organic matter, chemical fertilizer, edaphic, performance, nutrition.

## INTRODUCCIÓN

Según Devaux, A., Ordinola, M., Hibon, A. y Flores, R. (2010), la papa tiene un rol clave en la cadena alimenticia global, aparte de los cereales es el alimento más importante en el mundo. Su producción alcanzó un record de 320 millones de toneladas en el 2007, se cultiva en casi todos los países y su producción, así como su consumo, está creciendo en los países en vías de desarrollo. Se constituye como una valiosa herramienta en la lucha contra el hambre y la pobreza. La mayor parte de su producción se la consume sin procesar (90% o más en Ecuador, Perú y Bolivia), razón por la cual la papa fresca es un alimento básico para la gran mayoría de la población pobre, particularmente en las zonas rurales andinas, donde no existe infraestructura adecuada para almacenarla ni procesarla. El consumo per cápita en fresco para el periodo 2002-2006 estaba en 31.8, 43.3 y 68.4 kg/año en Ecuador, Bolivia y Perú; respectivamente, superando al promedio mundial (36.5 kg/año).

Según Devaux, *et al.* (2010), la superficie cosechada de papa en el Ecuador, alcanzó en el período 2002 - 2006, un promedio de 43.332 hectáreas anuales, como cultivo único, existiendo superficies en las que el cultivo de papa se intercala con otros cultivos de ciclo cortó. Esta superficie generó una producción promedio de 409.773 toneladas anuales, generando un rendimiento promedio de 9.5 t/ha.

Según Guáitara, D. (2012), citando al Ministerio de Inclusión Económica Social y UNICEF, el 22% de la población infantil padece desnutrición crónica, lo que equivale a 350.000 niños. Los indicadores más altos se encuentran entre: hijos de mujeres indígenas 47%, los de madres sin instrucción 38%, los que viven en la sierra 32% y los que residen en sectores rurales 31%.

Según Herrera, M., Carpió, I., Chávez, G. (1999), el Ecuador enfrenta serios problemas relacionados con la nutrición y alimentación, los cuales son más severos en la población infantil menor a 5 años. El alto consumo de papa en la región andina del país y su bajo contenido de minerales como hierro y zinc no

favorece la nutrición de las personas que lo consumen, en especial niños y mujeres en edad fértil que viven en la pobreza.

Según Acción Nutrición (2013), en las provincias como Chimborazo, Bolívar y Cotopaxi las tasas de desnutrición crónica bordean el 50%, además se concentran altos índices de pobreza extrema y son las provincias con mayor proporción de población indígena.

De acuerdo a Hotz y Brown (2004), citado por Cakmak, I. (2008), la deficiencia de zinc, a nivel mundial, está considerada como un factor de riesgo importante para la salud humana y causa de muerte. La deficiencia de zinc es responsable de muchas complicaciones graves de salud, como trastornos de crecimiento físico, el sistema inmunológico y la capacidad de aprendizaje, junto con un mayor riesgo de infecciones, daño del ADN y el desarrollo del cáncer.

Según Kromann, P., Montesdeoca, F., Valverde, F., Alvarado Ochoa, Soraya, P. (2012), la papa es reconocida como un alimento de primera necesidad, pero su potencial para combatir la desnutrición no es bien conocido ni aprovechado. En Ecuador se han llevado a cabo varios estudios para mejorar la concentración de hierro y zinc en los tubérculos de papa, con resultados prometedores desde la perspectiva de la agricultura convencional; sin embargo, el enfoque moderno de la agricultura reconoce la necesidad de desarrollar nuevos modelos que articulen una agricultura amigable con el ambiente y que considere la nutrición, la salud humana y la generación de ingresos de los productores, tomando en cuenta las preferencias del consumidor y la rentabilidad del productor.

Actualmente, la necesidad de incrementar la concentración de nutrientes básicos y esenciales en los productos vegetales ha provocado la existencia de numerosas técnicas agrícolas capaces de cumplir con este propósito, siendo la biofortificación agronómica una de las técnicas más prometedoras no sólo por su gran efectividad incorporando micronutrientes del suelo a los vegetales destinados al consumo humano, sino también por el bajo coste que conlleva su aplicación.

# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1. TEMA DE INVESTIGACIÓN**

“La Biofortificación agronómica para el mejoramiento de la calidad nutricional de tubérculos de cultivares de papa (*Solanum tuberosum L.*) en la parroquia Guanujo”.

### **1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.2.1. Contextualización**

##### **1.2.1.1. Contexto macro**

Según el Centro Internacional de la Papa (2009), la papa tiene un rol clave en la cadena alimenticia global y está entre los alimentos más importantes del mundo. Su producción alcanzó un record de 320 millones de toneladas en el 2007 y se cultiva en casi todos los países, se constituye en una valiosa herramienta en la lucha contra el hambre y la pobreza.

Grandy, G., Weisstaub, G. y López, D. (2014), mencionan que se estima que más de 2 billones de personas en el mundo son deficientes en alguno de los siguientes micronutrientes: hierro, vitamina A, yodo y zinc; estas son consideradas como las principales deficiencias de micronutrientes en términos de frecuencia y consecuencias en salud, aunque hay otras deficiencias en micronutrientes que también son importantes, como son: vitamina D, Calcio, Vitamina B12 y Vitamina B2.

De acuerdo a Cakmak, I. (2008), en general, las regiones en el mundo con suelos deficientes en zinc, también se caracterizan por la deficiencia generalizada en los seres humanos. Estimaciones recientes indican que casi la mitad de la población mundial sufre de esta deficiencia.

Según Martínez, Y., Juárez, H., Raymundo, R., Alvarado, S., Valverde, F., Andrade, J., Kromann, P., Ordinola, M. y Devaux, A. (2013) la deficiencia de micronutrientes en un cultivo disminuye su rendimiento, producción y aporte nutricional en la alimentación de las poblaciones.

#### **1.2.1.2. Contexto meso**

La Red Electrónica de la Papa (2013), dice que la papa es un cultivo arraigado en los Andes y también una de las principales fuentes de ingresos y consumo de los productores rurales. Al agregar valor nutricional al cultivo de la papa a través de biofortificación con fertilizantes de Zn y Fe se abren alternativas para mejorar los sistemas alimentarios de las zonas con mayor pobreza y desnutrición a lo largo de los Andes.

Según Alonso, J. (2014), la mayor parte de las familias campesinas en las regiones andinas consumen a diario este tubérculo, ya sea procesado o sin procesar (sopas, cocinada, puré, tortilla y otras).

#### **1.2.1.3. Contexto micro**

Benítez, J. (2003), dice que la papa en Ecuador, tiene importancia económica, social y cultural, por su adaptación a condiciones de diversos pisos ecológicos en la región interandina; es uno de los productos que más se produce y consume en la sierra, donde se considera como producto de la canasta básica.

Según Gavilanes, L. (2015), el Ecuador enfrenta serios problemas relacionados con la nutrición y alimentación, los cuales son más severos en la población infantil. El alto consumo de papa en la región andina del país y su bajo contenido de minerales como hierro y zinc, no favorece la nutrición de las personas que lo consumen, en especial niños y mujeres en edad fértil que viven en la pobreza.

De acuerdo con Martínez, *et al.* (2013), los suelos del Ecuador donde se cultiva papa se encontró que las concentraciones de Zn tienen valores que van de 2 a 7 ppm a bajas de menos de 2 ppm. Una opción para contrarrestar esta problemática es la biofortificación agronómica.

### **1.2.2. Análisis crítico**

La deficiencia de zinc es el más extendido de todos los problemas de deficiencia de micronutrientes en los cultivos. Provoca pérdida de rendimiento y daños en los productos, disminuyendo la calidad de los mismos.

Aunque los factores del genotipo son importantes para determinar la tolerancia o susceptibilidad de un cultivar a la deficiencia de zinc, es el factor suelo el responsable del suministro de zinc disponible para la planta.

En general, los suelos que tienen asociados problemas de deficiencia de zinc tienen una baja cantidad de zinc biodisponible para la planta, que en muchos casos coincide con una cantidad de micronutriente totalmente baja.

La Organización Mundial de la Salud atribuye 800.000 muertes en el mundo cada año a esta ausencia de zinc y señala que la carencia está en gran parte relacionada con deficiencias en la ingesta o absorción del zinc de la dieta (International Zinc Association, 2007); causando numerosas complicaciones de salud, incluyendo daños al sistema inmunológico y funciones mentales. Se estima también que cerca de la mitad de los suelos agrícolas del mundo son deficientes en zinc, lo que lleva a reducciones de rendimientos de cultivos y de su valor nutritivo.

Esta liga directa entre la distribución de los suelos deficientes en zinc y la incidencia de la falta de zinc en la población humana, puede ser mitigada con la biofortificación genética y agronómica. Como parte de una recomendación de nutrición balanceada en los suelos, el adicionar zinc, incrementa la producción de cultivos y su estatus nutricional (ejemplo: mayores niveles de zinc disponible para consumo humano y animal). Esto puede beneficiar a todos los involucrados, desde el agricultor quien tendrá mayor rentabilidad por incrementar sus rendimientos, hasta las familias que obtendrán más zinc en su dieta.

### 1.2.2.1. Árbol de problemas

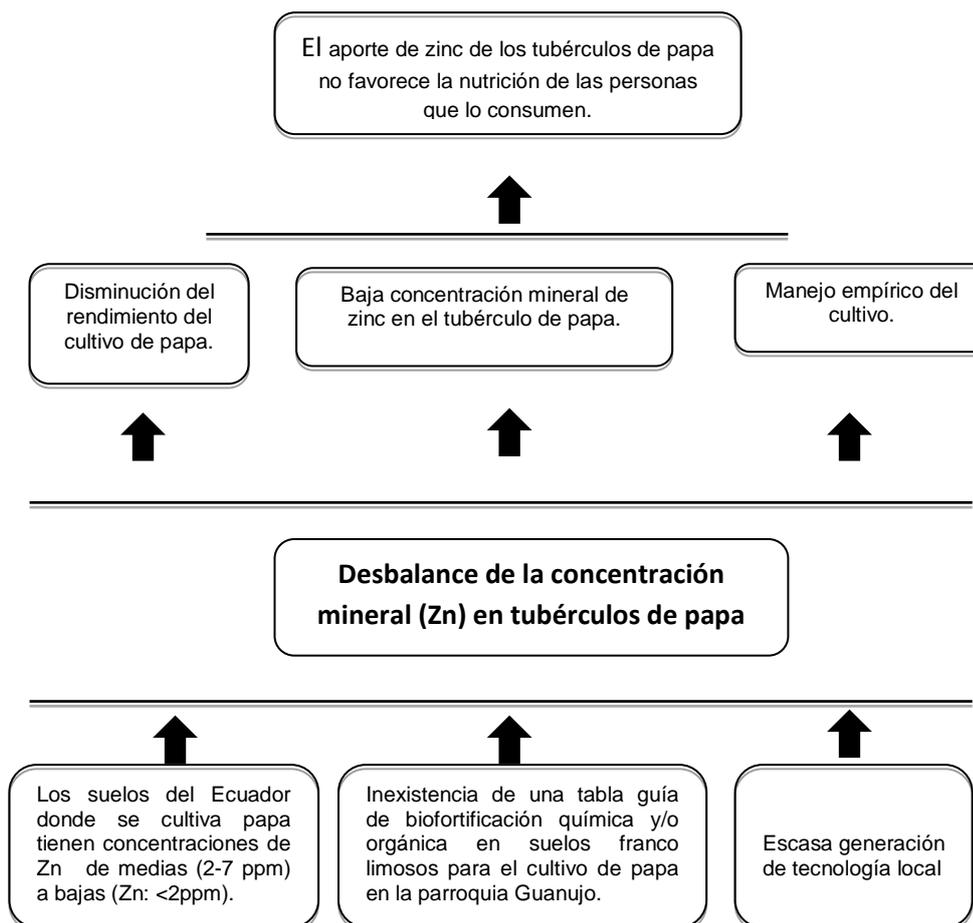


Figura 1. Árbol de problemas

### 1.2.3. Prognosis

La deficiencia de zinc en los cultivos es un problema global que reduce el rendimiento de las cosechas y el estatus nutricional. “*Un tercio de la población mundial está bajo riesgo de padecer deficiencia de zinc, en ciertos países en rangos del 4% al 73% de sus habitantes...*”. Todavía en muchos países, la deficiencia de zinc no se reconoce o se le da un menor valor, y no es atendida. Por lo tanto, existe una necesidad urgente de entender y corregir la deficiencia para poder contribuir tanto a la producción y productividad de cultivos y su impacto en la salud de los seres humanos, caso contrario continuará causando implicaciones significativas en temas de salud, sociales y económicos.

En Ecuador se han llevado a cabo varias investigaciones para mejorar la concentración de hierro y zinc en los tubérculos de papa con resultados prometedores desde la perspectiva de la agricultura convencional. Sin embargo, el enfoque moderno de la agricultura reconoce la necesidad de desarrollar nuevos modelos que articulen una agricultura amigable con el ambiente y que considere la nutrición, la salud humana y la generación de ingresos de los productores. Siendo necesaria la generación de información a través de la investigación científica.

#### **1.2.4. Formulación del problema**

¿La Biofortificación agronómica incrementa el contenido nutricional de los tubérculos del cultivo de papa, en la parroquia Guanujo?

#### **1.2.5. Preguntas directrices**

- ¿Existe variación sobre el contenido de zinc en los tubérculos de papa por efecto de la aplicación de la fertilización química, orgánica o química - orgánica?
- ¿Existe variación sobre el contenido nutricional de la papa por efecto varietal?

#### **1.2.6. Delimitación**

- **Campo:** Agroecología y ambiente
- **Área:** Agroecología; Agricultura sostenible
- **Aspecto:** Fertilización del cultivo de papa (*Solanum tuberosum L.*)
- **Temporal:** El problema en los suelos de la parroquia Guanujo es actual (2016); la investigación se realizó a partir del 01 de enero del 2015 al 20 de diciembre del 2015.
- **Espacial:** El estudio se llevó a cabo en la parroquia Guanujo, sector Suruguayco. (Ver Anexo 1).

### **1.3. JUSTIFICACIÓN**

En muchos países, la deficiencia de zinc y hierro no se reconoce o se le da poca importancia, y no es atendida. En el Ecuador se ha realizado varias investigaciones sobre biofortificación química, pero existe escasa información en relación a tecnologías agroecológicas que contribuyan al mejoramiento de la calidad nutricional y productividad del cultivo de papa para variedades mejoradas con rendimientos superiores a 40 t/ha.

Los suelos del Ecuador donde se cultiva papa las concentraciones de Zn van de medias 2-7 ppm a bajas < 2 ppm. Por lo tanto, la aplicación de fertilizantes químicos y/u orgánicos que contienen micronutrientes esenciales debe ser estudiada en profundidad para mejorar los niveles de micronutrientes en los tubérculos de papa de las variedades nativas y mejoradas, contribuyendo al mejoramiento de la calidad nutricional y productividad del cultivo.

La deficiencia de micronutrientes en un cultivo disminuye su rendimiento, producción y aporte nutricional en la alimentación de las poblaciones, es así que el enfoque moderno de la agricultura reconoce la necesidad de desarrollar nuevos modelos que articulen una agricultura amigable con el ambiente y que considere la nutrición, la salud humana y la generación de ingresos de los productores lo cual justificó la presente investigación.

### **1.4. OBJETIVOS**

#### **1.4.1. Objetivo general**

- Evaluar el efecto de la biofortificación agronómica para el mejoramiento de la calidad nutricional de tubérculos de cultivares de papa (*Solanum tuberosum L.*) en la parroquia Guanujo.

#### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Determinar el efecto de la biofortificación química y orgánica en un suelo franco limoso sobre el rendimiento de cultivares de papa.

- Evaluar el contenido de zinc en los tubérculos de papa por efecto de la biofortificación agronómica.
- Determinar la relación beneficio/ costo de cada uno de los tratamientos en estudio.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS**

Según la Federación Colombiana de productores de papa (2013), actualmente, los científicos buscan desarrollar un valor nutricional agregado en la papa, con el mejoramiento de variedades o la biofortificación, como una alternativa para mejorar el estado nutricional en las comunidades rurales y en las poblaciones urbanas pobres, donde las personas no pueden pagar o acceder a suplementos vitamínicos o alimentos enriquecidos.

Según Martínez, *et al.* (2013), el agregar valor nutricional al cultivo de la papa a través de biofortificación con fertilizantes de Zn y Fe se abren alternativas para mejorar los sistemas alimentarios de las zonas con mayor pobreza y desnutrición a lo largo de los Andes.

Según Valverde, F., Vélez. R., Alvarado., S., y Kromann., P. (2013), la biofortificación al suelo y foliar en el cultivo de papa incrementó ligeramente la concentración de Zn y Fe en cáscara y pulpa; observándose mayores diferencias para Zn. En todas las variedades de papa las concentraciones de Zn y Fe en la cáscara fueron mayores que en la pulpa. La fertilización con Zn y Fe no influyó significativamente en el rendimiento de papa. Las variedades de papa presentaron diferencias significativas para las variables, concentraciones de Zn y Fe, y rendimiento.

#### **2.2. FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA**

La presente investigación tiene un enfoque positivista por que prevalecen las variables cuantitativas. Mejorar la salud humana puede lograrse cambiando el paradigma de incrementar no solamente la producción agrícola, a uno que conjugue el incremento en producción con mejoramiento del valor nutricional de los cultivos. Según FAO (2005), más de 3.000 millones de personas, casi la mitad de la población humana, no cubren sus necesidades básicas de alimentos y

nutrición y están en riesgo de enfermedades, mortandad y baja calidad de vida asociados con deficiencias de micronutrientes “El hambre y la malnutrición matan a seis millones de niños al año y afectan a 852 millones de personas, Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura”.

Según López, Poblaciones, Rodrigo y López (2014), resulta evidente que, en este ámbito, las prioridades en materia de investigación y desarrollo agrícola deben incluir la dimensión de la nutrición, y concretamente la obtención de alimentos enriquecidos. Los esfuerzos para aumentar el contenido de micronutrientes de los alimentos básicos directamente a través de la biofortificación son especialmente prometedores. La biofortificación implica enriquecer el contenido de micronutrientes de los cultivos; siendo definida como la intervención específica en materia de nutrientes, diseñada para potenciar el contenido de micronutrientes de los alimentos mediante el uso de prácticas agronómicas, principalmente vía fertilización (Biofortificación agronómica). Por consiguiente, la agricultura, a través de la biofortificación, debería jugar un papel fundamental en el futuro desarrollo y bienestar de la sociedad actual dado el constante incremento en la esperanza media de vida y la aspiración legítima a disfrutar una mayor calidad de vida y nivel de salud. Esto permitiría una extensión de la cultura de la salud y, por ende, una disminución de la carga de la enfermedad sobre el conjunto de la sociedad.

### **2.3. FUNDAMENTACIÓN LEGAL**

En la Constitución de la República del Ecuador del año 2008, Capítulo Tercero Soberanía Alimentaria en su Art. 281. Señala: Literal 3. Fortalecer la diversificación y la introducción de tecnologías ecológicas y orgánicas en la producción agropecuaria.

Literal 8. Asegurar el desarrollo de la investigación científica y de las innovaciones tecnológicas apropiadas para garantizar la soberanía alimentaria.

De acuerdo a Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria, promulgada en Registro Oficial No. 348 de fecha 27 de diciembre de 2010 en el Capítulo III.

Investigación, Asistencia Técnica y Diálogo de Saberes en su Artículo 9. Investigación y extensión para la soberanía alimentaria. El Estado asegurará y desarrollará la investigación científica y tecnológica en materia agroalimentaria, que tendrá por objeto mejorar la calidad nutricional de los alimentos, la productividad, la sanidad alimentaria, así como proteger y enriquecer la agrobiodiversidad.

## **2.4. CATEGORÍAS FUNDAMENTALES**

### **2.4.1. Origen de la papa**

Según INIAP, (1994), los primeros cultivos de papa tienen su origen de zonas más altas de los Andes Sudamericanos cerca del Lago Titicaca, en la región Perú-Boliviana, según investigaciones Inglesas. La Escuela Rusa se sostiene de acuerdo a los estudios realizados en la Isla Chiloe, al sur de Chile, como el centro de origen. Las dos especies de papa que más se cultivan se reconocen como *Solanum andigenum* J, incluyendo ciertas variedades nativas de las regiones paperas de los Andes de la región ecuatorial y la *Solanum tuberosum* L. Incluyendo las variedades corrientes de Europa, Norteamérica y Chile. La domesticación se remonta a 2000 años antes de Cristo, pero otros investigadores afirman que puede haber ocurrido tal vez 3000 años antes de esta fecha.

### **2.4.2. Clasificación Taxonómica**

De acuerdo Hawkes, J.C. (1995), se clasifica en:

<b>Tipo:</b>	Spermatophyta
<b>Clase:</b>	Angiospermas
<b>Subclase:</b>	Dicotiledóneas
<b>Orden:</b>	Tubiflorae
<b>Familia:</b>	Solanácea
<b>Subgénero:</b>	Solanum
<b>Sección:</b>	Petota
<b>Especie:</b>	Tuberosum

**Subespecie:** Tuberosum y andígena

### **2.4.3. Características Botánicas**

- **Raíz**

Según Egúsqüiza, B. (2000), la raíz es la estructura subterránea responsable de la absorción de agua. Se origina en los nudos de los tallos subterráneos y en conjunto forman un sistema fibroso. El extremo o ápice de la raíz es un tejido especializado para su crecimiento o elongación, el conjunto de raíces forma la cabellera o sistema radicular, el mismo que cumple la función importante de absorción de agua y nutrientes contenidos en el suelo. La planta no tendrá buen desarrollo si no hay buen desarrollo de raíces.

- **Tallo**

Según Guispert, L. 1986, citado por Saltos, (2010), la papa pertenece a las familias de las solanáceas y de flores gamopétalas. La planta a la vez tiene tallos aéreos y subterráneos, los primeros de color verde, contienen un alcaloide tóxico (Solanina) que puede formarse también en los tubérculos cuando estos se exponen prolongadamente a la luz. Según la variedad llevan las hojas compuestas y las flores agrupadas en racimos.

- **Hojas**

De acuerdo a Egúsqüiza, B. (2000), la hoja es la estructura que sirve para captar y transformar la energía lumínica (luz solar) en energía alimenticia (azúcares y almidón). La cantidad de folíolos de la hoja determinan su disectividad.

- **Flores**

Según INIAP (2002), las flores nacen en racimos y por lo regular son terminales. Cada flor contiene órgano masculino (Androceo) y femenino (Gineceo), son pentámeras (posee cinco pétalos) y sépalos que pueden ser de varios colores, pero comúnmente blanco, amarillo, rojo y púrpura. Muchas variedades dejan caer las

flores después de la fecundación. La autopolinización se realiza en forma natural; en los tetraploides la polinización es relativamente rara.

- **Frutos**

De acuerdo a López, C. y Bayona, R. (1987), los frutos son bayas esféricas verdes y luego amarillentas en la madurez que salvo en algunas variedades, aparecen raramente por la ausencia o la esterilidad del polen y por la escasez de la fecundación cruzada.

- **Tubérculo – Semilla**

Según el CIP, (2005), el tubérculo-semilla es uno de los componentes tecnológicos más importantes dentro de la producción y productividad del cultivo de papa. Se entiende como semilla de calidad a la que reúne los siguientes requisitos:

Las semillas son planas, ovaladas, con un hilo pequeño que indica el punto por donde estuvo ligado el ovario. El número de semillas por finito llega a más de 200 según la fertilidad de cada cultivar. Estas semillas se conocen como semilla botánica, para diferenciarlas del tubérculo-semilla cuando se usa para sembrar papa.

## **2.5. Clima y Suelo**

### **2.5.1. Clima**

- **Temperatura**

Según Chang, G. (1991), cuando la temperatura del ciclo vegetativo, ha sido elevada, los tubérculos salen antes del estado de reposo que cuando ha sido templado. La longitud del día afecta también a la duración del reposo. Una conservación cálida acelera las reacciones químicas en el interior del tubérculo, haciendo que disminuya la duración del período de reposo.

Para López, C. y Bayona, R. (1987), la papa vegeta bien donde hay temperaturas templadas y humedad ambiente. Se hela a temperaturas inferiores a -2 °C, el crecimiento de los brotes empiezan a los 2 °C y el máximo entre 20 y 25 °C.

- **Luz**

Según Chang, G. (1991), el tubérculo, no requiere luz para brotar, sin embargo, la planta necesita bastante luz, para su desarrollo un sol fuerte durante mucho tiempo reduce la producción.

- **Humedad**

De acuerdo a Chang, G. (1991), menciona que la cantidad de agua para un cultivo es de aproximadamente 500 mm para la siembra, se necesita un tiempo seco a través del cual se prepara la tierra y se efectúa la siembra, durante la primera etapa requiere poca agua y después hasta la cosecha el consumo de agua es alto.

- **Suelos**

De acuerdo con el INIAP (1994), para el cultivo de papa - las condiciones del suelo son las siguientes: Franco, Franco Limoso y Franco Arcilloso con buen drenaje, pH. 5.0 a 6.5.

## **2.6. Labores del Cultivo**

- **Preparación del suelo**

Según Andrade, H. (1991), esta práctica varía de acuerdo a la clase de terreno, topografía y cultivo anterior, por lo que en términos generales se debe dar un arado profundo (25 -30 cm), con el propósito de incorporar materia orgánica, de tal forma que mejore las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, favoreciendo el intercambio catiónico, aireación, retención, absorción de la humedad del suelo y la actividad microbiana.

- **Desinfección del suelo**

De acuerdo al INIAP (1994), antes de sembrar es necesario realizar el combate de ciertas plagas del suelo, en lugares donde existen problemas. Entre los insectos-plaga de mayor importancia se puede citar al Gusano Blanco de la papa (*Premnotripes vorax*), Gusano Trozador (*Agrotis ypsilon*) y al Cutzo (*Barotheus sp*).

- **Siembra**

Andrade, H. (1991), menciona que la siembra se realiza por surcos, colocando el "tubérculo-semilla" al fondo del surco a la distancia previamente establecida, se debe evitar el contacto directo entre el tubérculo-semilla y el fertilizante químico para evitar la quemazón de los brotes. Las distancias de siembra están en función de la topografía del terreno, propósito de la siembra y variedad a usarse.

- **Fertilización**

De acuerdo con Andrade, H. (1997), el requerimiento de fertilizante se determinará con el análisis del suelo. El Departamento de Suelos y Aguas del INIAP - Santa Catalina recomienda:

Análisis de suelo. Bajo: 200-300-150 kg/ha de N P K; Medio: 150-150-100 kg/ha de N P K; Alto: 50-80-40 kg/ha de N P K. Para un nivel bajo se recomienda aplicar 13 sacos de 50 kg de 18-46-0 y 5 sacos de muriato de potasio, o alrededor de 16 sacos de 50 kg de 10-30-10 y 2 sacos de muriato de potasio al momento de la siembra. Se cubre el abono con una delgada capa de tierra y sobre ésta se deposita la semilla.

Es necesario adicionar 2 a 3 sacos de 50 kg de urea por hectárea, a los 45 ó 60 días después de la siembra, donde el cultivo requiere mayor cantidad de nutrientes (INIAP, 1995 y Andrade, H. 1997).

## **2.6.1. Tipos de fertilización**

### **2.6.1.1. Fertilización química**

Según Pumisacho, M. y Sherwood, S. (2002), consiste en proporcionar a las plantas nutrientes de fácil disponibilidad provenientes de fertilizantes químicos.

### **2.6.1.2. Fertilización orgánica**

Para Pumisacho, M. y Sherwood, S. (2002), proponen usar abonos orgánicos que mejoran las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo. Entre los abonos orgánicos utilizados están: estiércol, gallinaza, turba, abonos verdes, humus de lombriz o vermicompost, abonos líquidos, purín de hierbas, biofertilizantes, mulch y el compost.

- **Deshierba o rascadillo**

Según Andrade, H. (1997), esta labor se realiza a los 30 y 45 días de la siembra, con el objeto de eliminar las malezas que dan competencia al cultivo, causando efectos negativos por cuanto compiten por el agua y nutrientes, también son huéspedes de plagas y enfermedades. Vásquez (1996), menciona que la deshierba puede efectuarse en forma manual o mecanizada, lo que removerá superficialmente el suelo, rompiendo la capilaridad del mismo.

- **Labores de escarda**

De acuerdo con Vásquez, W. (1996), durante el ciclo de cultivo se realizan dos aporques, el primero llamado medio aporque a los 60 a 80 días y el segundo aporque propiamente dicho a los 90 días o inicio de floración. Estas labores se realizan con el objeto de: 1) arrimar tierra a la planta, favorecer el desarrollo de los estolones que se producen de los tallos laterales y sostén a la planta, 2) aflojar el suelo para mantener la humedad y aireación del suelo para una buena tuberización, 3) cubrir la fracción de nitrógeno y 4) mantener el suelo libre de malezas, proteger de algunas plagas y enfermedades.

- **Riego**

Según Alarcón, E. (1995), la papa requiere un suelo con un nivel adecuado de humedad durante su desarrollo para obtener buenos rendimientos. Esto siempre ocurre ya que el área ocupada por el cultivo depende de las lluvias para obtener su humedad (siembra de secano).

De acuerdo a Vásquez, W. (1996), el déficit de humedad del suelo o la falta de agua tiene efectos fundamentales sobre el rendimiento del cultivo, causando la reducción de la producción de materia seca por reducción de la fotosíntesis, poco desarrollo del follaje, acelera el envejecimiento del cultivo y reduce el número de tallos en los primeros estadios vegetativos.

- **Cosecha**

Según Andrade, H. (1991), la cosecha es una de las labores más costosas y requiere mayor cantidad de mano de obra y mejor organización. Se efectúa cuando el cultivo haya cumplido su madurez comercial, es decir cuando la piel del tubérculo no se desprenda con el dedo pulgar.

Existen varias formas para realizar el "cave", la más generalizada es manual (azadón, guashmo, palas, etc.), el uso de cavadoras (cavadora de molinete o cadena sin fin) no es muy frecuente por razones de topografía y características de suelo en nuestro país.

Luego de la cosecha el producto es clasificado de la siguiente manera:

*Tabla 1. Cosecha del producto y clasificación.*

Categoría	Peso tubérculo en g.	Diámetro mayor (cm)
1. Pequeño	20 - 40	Menor 5
2. Mediano	41 - 60	5 - 6
3. Grande	61 - 90	7 - 8
4. Muy grande	Mayor a 91	mayor a 8

**Fuente:** Andrade, H. 1991

## **2.7. Variedades**

Existe una gran diversidad de variedades nativas y mejoradas por el INIAP a través del Programa Nacional de Raíces y Tubérculos rubro Papa, entre ellas están la variedad INIAP Estela e INIAP Victoria.

### **2.7.1. CARACTERÍSTICAS DE LA VARIEDAD INIAP Estela**

De acuerdo a Torres, L., Cuesta, X., Monteros, C. y Rivadeneira, J. (2011), la variedad INIAP Estela presenta las siguientes características:

#### **2.7.1.1. Origen de la variedad**

INIAP Estela proviene de cruzamientos realizados con Súper Chola x (*Solanum phureja* x *Solanum pausissectum*), liberada en el 2007.

#### **2.7.1.2. Características morfológicas**

- Plantas vigorosas de tamaño mediano, erguidas con tres tallos gruesos de color verde oscuro con pigmentación morada bien distribuida.
- Follaje de desarrollo rápido cubre bien el terreno.
- Hojas de color verde oscuro, abiertas, diseccionadas. Tres pares de foliolos laterales y un par de inter-hojuelas entre foliolos. El folíolo terminal es mediano, asimétrico, acorazonado.
- Flores son de color lila y distribución del color blanco en banda, inflorescencia cimosa.
- Tubérculos con un período de dormancia de 60 días.

#### **2.7.1.3. Características agronómicas**

- Zona recomendada: zonas norte y centro
- Maduración: 145 a 160 días.
- Rendimiento: 41 t/ha
- **Reacción a enfermedades** Es resistente a lanchar (*Phytophthora infestans*) (Torres, *et al.* 2011)

Tabla 2. Características de calidad de la variedad INIAP-Estela

CARACTERÍSTICAS	PROMEDIO
Materia Seca	22 %
Azúcares totales	0,078 %
Azúcares Reductores	0,027%
Almidón	69,13 %
Gravedad específica	1,097
Proteína	10,15 %
Tiempo de cocción (min)	30
Color de papa cocida	crema

**Fuente:** Departamento de Nutrición y Calidad del INIAP Datos en base seca.

### 2.7.2. CARACTERÍSTICAS DE LA VARIEDAD INIAP Victoria

Según Torres, *et al.* (2011), la variedad INIAP Victoria presenta las siguientes características:

#### 2.7.2.1. Origen de la variedad

INIAP Victoria proviene del cruzamiento entre: INIAP Gabriela x INIAP Fripapa.

#### 2.7.2.2. Características morfológicas

- Plantas de crecimiento erecto, tallos de color verde con pocas manchas y alas rectas.
- Hojas disectadas con 3 pares de folíolos laterales, y un par de inter-hojuelas carecen de inter-hojuelas entre peciolulos.
- Flores moderadas de color lila pálido. Corola muy rotada.
- Tubérculos con un período de reposo de 30 a 40 días.

#### 2.7.2.3. Características agronómicas

- Zona recomendada: zona centro (Pichincha, Cotopaxi, Chimborazo y Tungurahua)
- Maduración: 150 días.
- Rendimiento: 18 a 37 t/ha

#### 2.7.2.4. Características de calidad

- Materia Seca: 21 %
- Azúcares reductores: 0,15%
- Proteína: 8,16%
- Fibra: 2,61%
- Polifenoles: 2,42 g/kg
- Carotenoides: 39,00  $\mu\text{g}/100\text{g}$
- Zinc: 52 ppm
- Hierro: 50 ppm
- Calcio: 0,02%
- Fósforo: 0,17%
- Magnesio: 0,10%
- Potasio: 1,47%
- Sodio: 0,02%
- Cobre: 7 ppm
- Manganeso: 7%
- Almidón: 68,75%
- Amilosa: 16%
- Tiempo de cocción: 22 min
- Color de la papa cocida: Amarilla

Reacción a enfermedades: es moderadamente resistente a lancha (*Phytophthora infestans*).

#### 2.8. Marco conceptual variable independiente

Según Hotz, C. (2010), la biofortificación es una estrategia de intervención en desarrollo con el objetivo de aumentar el contenido de micronutrientes selectos, incluyendo zinc, en la parte comestible de los cultivos de alimentos básicos por medios agrícolas, agronómicos, o genéticas. Cuando se consume, los alimentos básicos biofortificados conducirían a una mejor adecuación de la ingesta de zinc y por lo tanto un menor riesgo de deficiencia de zinc en la dieta, entre los que actualmente tienen altos índices de ingesta insuficiente. En la actualidad, está principalmente en evaluación o exploración el potencial para la biofortificación con el zinc, hierro y carotenoides provitamina A, en algunos de los cultivos de alimentos básicos más importantes del mundo de los pobres, incluido el arroz, el trigo, el maíz, la yuca, frijoles y batatas.

La biofortificación de cultivos de alimentos básicos se puede lograr a través de los siguientes procesos: el mejoramiento convencional, mediante la selección de

genotipos con el mayor contenido de micronutrientes observada para ese cultivo; utilizar de modificaciones genéticas, tales como inserciones de genes o mutaciones inducidas; y el uso de prácticas agronómicas, como la aplicación de fertilizantes al suelo que contiene zinc.

El objetivo de esta estrategia es aumentar la adecuación de la ingesta de micronutrientes entre las poblaciones rurales, basadas en la agricultura que ya producen y consumen el vehículo alimento básico. Como es el caso de primera necesidad universal de enriquecimiento de los alimentos, la biofortificación tiene por objeto contribuir a la prevención de las carencias de micronutrientes, llegando a todos los miembros del hogar.

Según López, *et al.* (2014), la biofortificación implica enriquecer el contenido de micronutrientes de los cultivos; siendo definida como la intervención específica en materia de nutrientes, diseñada para potenciar el contenido de micronutrientes de los alimentos mediante el uso de prácticas agronómicas, principalmente vía fertilización (biofortificación agronómica).

Por consiguiente, la agricultura, a través de la biofortificación, debería jugar un papel fundamental en el futuro desarrollo y bienestar de la sociedad actual dado el constante incremento en la esperanza media de vida y la aspiración legítima a disfrutar una mayor calidad de vida y nivel de salud. Esto permitiría una extensión de la cultura de la salud y, por ende, una disminución de la carga de la enfermedad sobre el conjunto de la sociedad.

Según la FAO (1992), citado por Pisuña, J. (2015), la biotecnología es una aplicación tecnológica que utiliza sistemas biológicos, organismos vivos, o algunos de sus derivados para crear o modificar productos o procesos para usos específicos.

De acuerdo con AgroSalud (2013), citado por Pisuña, J. (2015), dentro del proceso de biofortificación, la biotecnología vegetal se convierte en una herramienta para obtener las características deseables.

Los cultivos biofortificados pueden mejorar la seguridad alimentaria y nutricional de individuos, familias y comunidades, de dos maneras:

Primero, a través de sus mejores cualidades agronómicas, como mejor rendimiento, las familias aumentan su producción de alimentos y como consecuencia, su energía (kilocalorías) disponible para consumo.

Segundo, por su mayor contenido de nutrientes carentes en la dieta latinoamericana y caribeña, como el hierro y el zinc, las personas consumen más de estos nutrientes esenciales.

De esta manera, los cultivos biofortificados tienen varias ventajas y se convierten en una estrategia para abordar la inseguridad alimentaria y nutricional: mejoran simultáneamente la seguridad alimentaria (cantidad) y nutricional (calidad). Este mejoramiento se provee a través del consumo de cultivos básicos.

**a. ¿Qué es la biofortificación? ¿Es una herramienta con aplicaciones prácticas?**

Según Blasco, B. (2015), la biofortificación ha sido definida como el proceso que incrementa la concentración de elementos esenciales biodisponibles en las porciones comestibles de las plantas de cultivo a través de la intervención agronómica. Además, existe la posibilidad del uso de estos productos vegetales tanto para el consumo humano como para el animal, generándose así un sistema de flujo de micronutrientes.

A pesar de la efectividad que hasta el momento han demostrado los programas de biofortificación para aumentar el consumo de este elemento en seres humanos a través de la dieta vegetal, ninguno de estos trabajos ha estudiado el efecto de la biofortificación sobre la calidad nutricional, y en especial la capacidad antioxidante, máxime cuando existen evidencias de que una aplicación excesiva de nutrientes puede dar lugar a afectos fitotóxicos para las plantas y por lo tanto puede afectar a esta característica nutricional.



Figura 2. Ciclo de nutrientes incrementados en los programas de biofortificación.

Hoy día, existen numerosos ejemplos de cómo la aplicación de la biofortificación tiene efectos positivos tanto en los cultivos como en la población. Así, la aplicación de fertilizantes con selenio inorgánico para incrementar la concentración de selenio en los cultivos está teniendo una gran aceptación en países como Finlandia, Nueva Zelanda y Francia. De forma similar, el uso de yodo y zinc para enriquecer los cultivos ha demostrado su eficacia en países a gran escala como China y Tailandia

### Ejemplos de cultivos biofortificados

- Arroz biofortificado con hierro aumentó en 20% el hierro almacenado (ferritina) en mujeres en edad fértil (Filipinas) (Haas, *et al.* 2005 citado por Pisuña, J. 2015).
- Camote biofortificado con beta-caroteno reduce en 37% los preescolares con deficiencia de Vitamina A (Mozambique) y mejoró en 10% el almacenamiento de vitamina A en escolares (Sudáfrica) (Low, *et al.*, 2007 citado por Pisuña, J. 2015).

- Maíz biofortificado con triptófano y lisina (ACP/QPM) mejoró en 8 a 9% el crecimiento de preescolares (ocho estudios en Latinoamérica y África).

**b. Experiencias en otros países**

- Desarrollo y evaluación agronómica.
- Libertad comercial.
- Multiplicación y difusión de semilla.
- Evaluación nutricional, económica y geográfica.
- Elaboración de productos alimenticios. (Pisuña, J. 2015).

**2.9. Marco conceptual variable dependiente**

De acuerdo a Asnatura (2014), el valor nutritivo de un alimento se refiere al contenido y la calidad de nutrientes que componen dicho alimento. Pero el valor nutritivo de un alimento es algo dinámico, que se modifica a lo largo de toda su “vida”.

**a. La Papa: Valor Nutritivo**

Según Buena Salud (2016), la papa es un tallo subterráneo, succulento, que presenta un alto contenido de hidratos de carbono, vitaminas y minerales.

La papa es un alimento de origen vegetal que, desde un punto de vista bromatológico, se puede incluir en el grupo de las hortalizas y verduras o en el grupo de los alimentos feculentos o amiláceos. Solas o acompañando verduras o alimentos de origen animal constituyen un alimento de uso muy extendido en la Sociedad Occidental. Sin embargo, el consumo ha disminuido en los países desarrollados durante las últimas décadas debido, de forma análoga al pan, al poco prestigio alimenticio que tiene, lo cual justifica al menos en parte el desequilibrio nutricional de las personas.

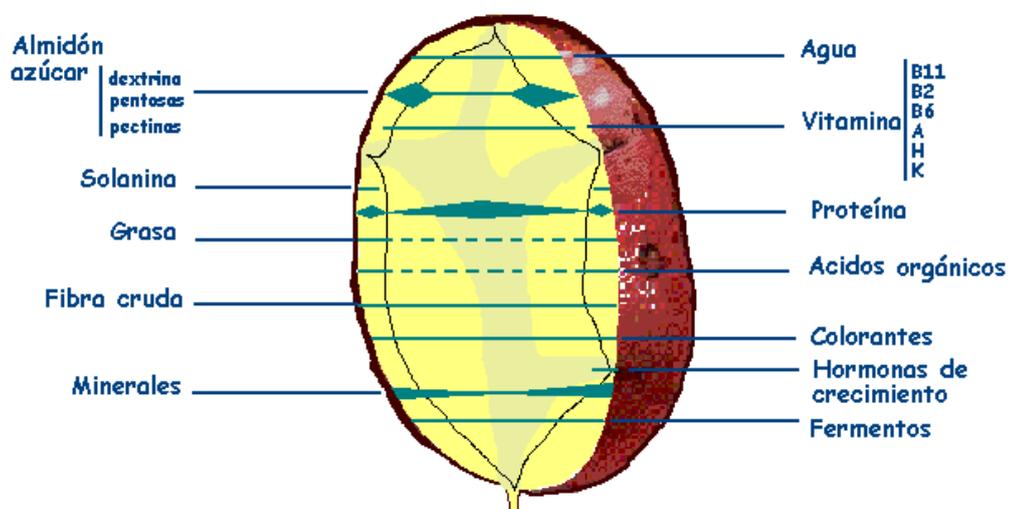
La papa es un alimento, muy nutritivo que desempeña funciones energéticas debido a su alto contenido en almidón, así como funciones reguladoras del

organismo por su elevado contenido en vitaminas hidrosolubles, minerales y fibra. Además, tiene un contenido no despreciable de proteínas, presentando éstas un valor biológico relativamente alto dentro de los alimentos de origen vegetal.

La mayoría de la gente considera que la papa es un alimento nutritivamente pobre. En realidad, aporta más nutrientes que energía al organismo. La papa es:

- Una fuente de vitaminas, proveyendo cerca del 40% de la dosis diaria recomendada para la vitamina C. también contiene vitaminas del complejo B.
- Rica en algunos minerales, como el potasio.
- Una fuente de fenoles, compuestos que pueden tener un papel importante en la salud.
- Virtualmente libre de grasa.
- Casi libre de azúcares solubles.
- De baja densidad energética, la papa “llena” con muy pocas calorías. Una toma diaria de 150 – 300 g. de papa proporciona sólo 4 – 8 % de las calorías requeridas por un adulto.
- Rápidamente digerible.
- Una fuente de proteína de alta calidad, pese a ser deficiente en metionina, aminoácido esencial (Buena Salud, 2016).

**b. Distribución de los principales componentes de la papa.**



*Figura 3.* Distribución de los principales componentes de la papa.

### c. Descripción de los principales componentes de la papa

Según Buena Salud (2016), entre los principales componentes de la papa están:

**Carbohidratos.** La mayor parte de la materia seca del tubérculo se encuentra en forma de almidón azúcares y otros polisacáridos. El 75 % de la materia seca de la papa está compuesta por almidón. Cuando la papa se consume caliente, el almidón es rápidamente digerido por el organismo; si se consume fría, la digestibilidad del almidón se reduce.

La fibra alimentaria representa 1-2% del total de la papa y se encuentra perfectamente en la piel.

La concentración de azúcares simples es baja (0.1-0.7%) siendo los más importantes la glucosa, fructosa y sacarosa.

**Compuestos Nitrogenados.** Constituyen el segundo componente de la papa, con 3 a 15% de la materia seca (estos se incrementan con la madurez del tubérculo).

El valor de la proteína no se afecta significativamente al cocinar la papa. La mayoría de las proteínas se ubican en el cortex (zona inmediata debajo de la piel) y la médula (zona central). Como fracciones proteicas más abundantes se destacan las albúminas (49%) y globulinas (26%) seguidas de prolaminas (4,3%) y glutelinas (8,3%).

**Lípidos.** El porcentaje de lípidos o grasa cruda en la papa “en fresco” es muy bajo. No tienen importancia desde un punto de vista cuantitativo (0,1 %) y se encuentran mayoritariamente en la piel.

**Vitaminas.** La papa contiene cantidades significativas de vitamina C (ácidos ascórbico y dehidroascórbico), además de otras vitaminas hidrosolubles, como tiamina y vitamina B6. Las vitaminas solubles en aceite están presentes en pequeños trazos.

Una papa cocinada pierde entre un 18 - 24 % de vitamina C a través de su pellejo, sin él, la pérdida puede estar entre un 35 - 50%. Aun así, la cantidad de vitamina C que queda luego de cocinarla es alta, y una porción de 150g. De papa provee cerca del 40% de los requerimientos diarios de esta vitamina.

**Fenoles.** La papa contiene un bajo porcentaje de compuestos fenólicos, la mayoría de los cuales se encuentra en su pellejo.

Los fenoles afectan el ennegrecimiento de la papa. Las reacciones de aminoácidos y proteínas con carbohidratos, lípidos y fenoles oxidados, causan un deterioro de los alimentos durante su almacenamiento y procesamiento.

**Minerales.** Posee potasio, especialmente en el pellejo, y cantidades moderadas de fósforo, cloro, azufre, magnesio, hierro y zinc.

#### **2.10 El Zinc en la dieta humana.**

El Zinc es un mineral esencial para nuestro organismo. Está ampliamente distribuido en diferentes alimentos. Nuestro organismo contiene de 2 a 3 g de Zinc. Más del 85% del total de Zinc presente en nuestro organismo se deposita en los músculos, huesos, testículos, cabellos, uñas y tejidos pigmentados de los ojos. Se elimina principalmente en las heces a través de secreciones biliares, pancreáticas e intestinales (Licata, 2013, citado por Vélez, A. 2013).

La mayoría del Zinc se absorbe en el intestino delgado siendo el yeyuno el lugar de mayor velocidad en el transporte del mismo. El Zinc forma parte de 100 enzimas, las cuales están ligadas al retinol, al metabolismo de proteínas y glúcidos, como así también a la síntesis de insulina, ARN, y ADN (Licata, 2013, citado por Vélez, A. 2013).

El proceso de absorción de nutrientes se produce principalmente y con una extraordinaria eficacia a través de las paredes del intestino delgado, donde se absorbe la mayor parte del agua, alcohol, azúcares, minerales y vitaminas hidrosolubles, así como los productos de digestión de proteínas, grasas e hidratos

de carbono. Las vitaminas liposolubles se absorben junto con los ácidos grasos (Carbajal, 2002, citado por Vélez, A. 2013).

### **2.11 El Zinc en la planta.**

El zinc es un microelemento esencial que sirve como cofactor enzimático, con muchas funciones, ya que el Zinc debe ser esencial para la actividad, regulación y estabilización de la estructura protéica o una combinación de estas. El Zinc es un componente enzimático y activador. Se involucra en el metabolismo del N y la fotosíntesis. El Zinc participa en la vía de síntesis del amino-ácido, triptófano, el que es un precursor requerido por la síntesis del ácido indol acético (AIA). AIA, una hormona de la planta, es un regulador esencial del crecimiento y desarrollo de los brotes, hojas y frutas. El Zinc es movable moderadamente una vez que sale del xilema. Existen tres enzimas vegetales donde se ha realizado la determinación del Zinc enlazado, que son: deshidrogenasa alcohólica, anhidrasa carbónica y la dismutasa de superóxidos. Sin embargo, la producción en las plantas y la deficiencia de Zinc con su efecto drástico sobre la actividad enzimática, desarrollo de los cloroplastos, contenido de proteínas y ácidos nucleídos, más la dependencia de algunas enzimas aisladas de la adición de Zinc, hacen pensar que las mismas enzimas dependientes de Zinc en otros organismos, dependerán de Zinc en las plantas superiores también (Hernández, R. 2002).

Síntomas de deficiencia: Los primeros síntomas de deficiencia de Zn observados en el campo son la hoja pequeña y en roseta de los árboles frutales, lo que resulta en la reducción en tamaño de las hojas y de la longitud de los entrenudos. Dependiendo del cultivo, el trastorno se denomina con media docena de nombres diferentes, tales como la yema blanca (en el maíz y el 15 sorgo), hoja moteada o "frenching" (citrus) y la hoja falcada (cacao). Los síntomas de deficiencia en maíz incluyen la clorosis y el achaparrado de las plantas; también las hojas de los nuevos brotes muestran unas bandas amarillas a blancuzcas en la parte inferior de las hojas (Hernández, R. 2002).

Proporciones aproximadas en las plantas: Las proporciones de Zinc en las plantas varían entre 3 a 150 ppm en base al peso seco, mientras que los niveles de

deficiencia del elemento en las hojas se encuentran por debajo de 20 a 25 ppm en base al peso seco. Los niveles apropiados caen entre 25 a 150 ppm, pero cuando sobrepasan los 400 ppm, pueden ser excesivos, produciendo toxicidad (Hernández, R. 2002).

Se absorbe como catión  $Zn^{+2}$ . La absorción de Zinc puede ser inhibida por la presencia de otros metales pesados debido a su mayor facilidad de quelatación con los ácidos orgánicos de las plantas, por ejemplo: manganeso, Hierro y cobre. Por otro lado, altos contenidos de Zinc, pueden inhibir la absorción y uso del Hierro en las plantas (Agroestrategias, 2007, citado por Vélez, A. 2013).

## **2.10. HIPÓTESIS**

La Biofortificación agronómica incrementa el contenido zinc en los tubérculos de papa en la parroquia Guanujo, provincia de Bolívar.

## **2.11. SEÑALAMIENTO VARIABLES DE LA HIPÓTESIS**

- **Variable independiente:** Biofortificación agronómica (química- orgánica).
- **Variable dependiente:** Desbalance del contenido nutricional.
- **Unidad de observación:** Cultivares de papa.
- **Términos de relación:** Contenido de zinc (ppm).

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. ENFOQUE**

Según Hernández, R., Collado, C., y, Baptista, P. (1997), el enfoque cuantitativo, usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías.

La presente investigación es predominantemente con enfoque cuantitativo, porque de acuerdo la investigación se realizó la recolección de datos en campo generados por el efecto de la fertilización química y/o orgánica sobre la concentración de nutrientes en los tubérculos, mismos que fueron sometidos a procesos estadísticos que nos permitieron probar las hipótesis planteadas en este experimento.

#### **3.2. MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **3.2.1. Investigación de campo**

Según Red Escolar Nacional (2014), la investigación de campo, constituye un proceso sistemático, riguroso y racional de recolección, tratamiento, análisis y presentación de datos, basado en una estrategia de recolección directa de la realidad de las informaciones necesarias para la investigación.

##### **3.2.2. Investigación bibliográfica-documental**

De acuerdo a Aguirre, A. (2014), dice que la investigación bibliográfica es una amplia búsqueda de información sobre una cuestión determinada, que debe realizarse de un modo sistemático, pero no analiza los problemas que esto implica. Esta técnica nos permitió obtener la información necesaria sobre el problema de investigación y los avances generados sobre el mismo además permitieron realizar comparaciones de los resultados arrojados de la investigación.

### 3.3. NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

#### 3.3.1. Investigación exploratoria

De acuerdo a Gross, M. (2014), la investigación exploratoria es aquella que se efectúa sobre un tema u objeto desconocido o poco estudiado, por lo que sus resultados constituyen una visión aproximada de dicho objeto, es decir, un nivel superficial de conocimiento. Dado que existe poca información, esta técnica permitió obtener nuevos datos y elementos que condujo a la formulación con mayor precisión de las preguntas de investigación.

### 3.4. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO

La presente investigación se desarrolló en:

---

<b>Provincia :</b>	Bolívar
<b>Cantón :</b>	Guaranda
<b>Parroquia :</b>	Guanujo
<b>Sector:</b>	Suruguayco

---

**Elaborado por:** Ing. Rubén Darío Saltos Espín, 2016.

#### 3.4.1 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DE LUGAR.

---

<b>Altitud :</b>	2950 msnm
<b>Latitud :</b>	01°,33' 20,84" S
<b>Longitud :</b>	79°,0'10.54" W
<b>Temperatura Media Anual :</b>	13.9 ° C
<b>Precipitación Anual :</b>	1050 mm.

---

**Elaborado por:** Ing. Rubén Darío Saltos Espín, 2016.

### **3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA**

#### **3.5.1. Población**

Según Levin, R., y Rubin, D. (1996), una población es un conjunto de todos los elementos que estamos estudiando, acerca de los cuales intentamos sacar conclusiones. Esta investigación consta de 24 unidades experimentales.

#### **3.5.2. Muestra**

Según Levin, R., y Rubin, D. (1996), una muestra es una colección de algunos elementos de la población, pero no de todos. La muestra fue 3 surcos por parcela neta y 24 plantas de la parcela neta.

### **3.6 MÉTODOS**

#### **a. Factores en Estudio**

**Factor A:** Variedades

A1 = INIAP - Estela

A2 = INIAP - Victoria

**Factor B:** Fertilización química.

B1 = Sin fertilización química.

B2 = Con fertilización química

**Factor C:** Fertilización orgánica.

C1 = Sin fertilización orgánica

C2 = Con fertilización orgánica

#### **b. Tratamientos**

La presente investigación tuvo 8 tratamientos que provinieron de un arreglo factorial de (A x B x C). Para esta investigación se utilizó un Diseño de Parcela Dividida en Bloques Completos al Azar (2 x 2 x 2) 2 variedades de papa x 2

aplicaciones de fertilización química x 2 aplicaciones de abono orgánico con 3 repeticiones, de acuerdo al siguiente detalle:

*Tabla 3.* Arreglo factorial de la investigación.

N°	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
T1	A1B1C1	INIAP Estela + sin fertilización química + sin fertilización orgánica.
T2	A1B1C2	INIAP Estela + sin fertilización química + con fertilización orgánica.
T3	A1B2C1	INIAP Estela + con fertilización química + sin fertilización orgánica.
T4	A1B2C2	INIAP Estela + con fertilización química + con fertilización orgánica.
T5	A2B1C1	INIAP Victoria + sin fertilización química + sin fertilización orgánica.
T6	A2B1C2	INIAP Victoria + sin fertilización química + con fertilización orgánica.
T7	A2B2C1	INIAP Victoria + con fertilización química + sin fertilización orgánica.
T8	A2B2C2	INIAP Victoria + con fertilización química + con fertilización orgánica.

**Elaborado por:** Ing. Rubén Darío Saltos Espín, 2016.

### 3.6.2 Características de la parcela experimental

- Número de tratamientos: 8
- Número de repeticiones: 3
- Número de unidades experimentales: 24
- Área de la parcela experimental (5,00 m de largo y 1.80 m de ancho): 9 m<sup>2</sup>
- Número de plantas por parcela experimental: 60
- Bordes: 0,4 m
- Distancia entre surcos: 1 m
- Distancia entre plantas: 0,3 m
- Número de tubérculos / sitio: 2
- Área total del ensayo: 298,80 m<sup>2</sup>

### 3.6.3 Características de la parcela neta

- Área de parcela neta: tres surcos centrales de la parcela y se eliminará una planta por cada extremo de los surcos: 3,6 m<sup>2</sup>
- Número de surcos por parcela neta: 3
- Número de plantas por surco de la parcela neta: 24

Tabla 4. Esquema del Análisis de Varianza

Fuentes de Variación		Grados de libertad
Bloques	r-1	2
Factor A	a-1	1
error (a)	(a-1)(r-1)	2
Factor B	b-1	1
A*B	(a-1)(b-1)	1
error (b)	a(r-1)(b-1)	4
Factor C	c-1	1
A*C	(a-1)(c-1)	1
B*C	(b-1)(c-1)	1
A*B*C	(a-1)(b-	1
error (c)	ab(r-1)(c-	8
Total	abcr-1	23

Elaborado por: Ing. Rubén Darío Saltos Espín, 2016.

Se realizaron los siguientes análisis estadísticos y financieros:

- Pruebas de Tukey al 5% para factores e interacciones.
- Análisis de correlación y regresión lineal
- Análisis Económico relación beneficio costo.

### 3.7 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Según Levin, R., y Rubin, D. (1996), la operacionalización de variables consiste en determinar el método a través del cual las variables serán medidas o analizadas.

Esta nos permitió elegir el método más adecuado de acuerdo a las variables de análisis.

### 3.7.2 Operacionalización de la variable independiente

<b>VARIABLE INDEPENDIENTE: Biofortificación agronómica</b>			
<b>Conceptualización</b>	<b>Categorías</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Ítems básicos</b>
Es la intervención específica en materia de nutrientes, diseñada para potenciar el contenido de micronutrientes de los alimentos mediante el uso de prácticas agronómicas, principalmente vía fertilización.	Efecto de la fertilización química y sobre el contenido de zinc en los tubérculos de papa.	Dosis de fertilización química. Dosis de fertilización orgánica. Dosis de fertilización química y orgánica	kilogramos/ha kilogramos/ha kilogramos/ha
	Respuesta de las variedades	Altura de plantas Numero de tallos por planta Materia seca de tubérculos. Concentración de Zinc Eficiencia de extracción de zinc	Centímetros Número Porcentaje Partes por millón Porcentaje

Elaborado por: Ing. Rubén Darío Saltos Espín, 2016.

### 3.7.3 Operacionalización de la variable dependiente

<b>VARIABLE DEPENDIENTE: Valor nutritivo.</b>			
<b>Conceptualización</b>	<b>Categorías</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Items básicos</b>
Se llama valor nutritivo de un alimento al contenido y la calidad de nutrientes que componen dicho alimento. Pero el valor nutritivo de un alimento es algo dinámico, que se modifica a lo largo de toda su "vida".	Respuesta varietal frente al contenido nutricional. Variación del contenido nutricional por la biofortificación agronómica	Contenido nutricional de zinc. Extracción de zinc. Eficiencia de absorción de zinc. Rendimiento	Partes por millón Gramos/ha Porcentaje Toneladas/ha

Elaborado por: Ing. Rubén Darío Saltos Espín, 2016.

### **3.8 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN**

Metodológicamente para la construcción de la información se operó en dos fases: plan para la recolección de información y plan para el procesamiento de información.

#### **3.8.2 Plan para la recolección de información**

Este plan contempló estrategias metodológicas requeridas para el cumplimiento de los objetivos e hipótesis de investigación, de acuerdo con el enfoque escogido que para el presente estudio es predominantemente cuantitativo, considerando los siguientes elementos:

Para el procesamiento y análisis de este estudio se recolectó la siguiente información:

- **Altura de plantas (AP)**

Esta variable se evaluó cuando las plantas tuvieron el 50% de floración en la parcela neta se midió desde la base hasta la parte apical del tallo principal de la planta, utilizando un flexómetro y se reportó en centímetros.

- **Número de plantas cosechadas por parcela (NPCPP)**

En la cosecha en la parcela neta de cada unidad experimental, se contabilizó el número de plantas cosechadas por parcela.

- **Número de tubérculos por planta (NTPP)**

Al momento de la cosecha en la parcela neta se contabilizaron el número de tubérculos por planta de cada uno de los tratamientos y repeticiones.

- **Rendimiento en toneladas por hectárea (t/ha)**

Ya cosechados los tubérculos de cada parcela neta, se pesaron en una balanza de reloj en kg/parcela neta y se transformó a t/ha.

- **Contenido de materia seca de tubérculos (CMST)**

Se utilizó una muestra de tubérculos al azar por tratamiento de 500 g. se cortó en hojuelas y se llevó a la estufa a 65 °C por 72 horas (CIP, 2005; citado por Saltos, 2010). Los datos obtenidos se expresaron en toneladas de materia seca/ha.

- **Porcentaje de materia seca de tubérculos (PMST)**

Con la información de los pesos de materia fresca y materia seca de los tubérculos, se evaluó el porcentaje de materia seca:

$$\% \text{ materia seca} = \frac{pms}{pmf} \times 100$$

**Dónde:**

% materia seca = porcentaje de materia seca

pms = peso de la muestra seca

pmf = peso de la muestra fresca

- **Extracción de nutrientes**

Se realizó el análisis químico de zinc de los tratamientos y repeticiones de una muestra de tubérculos y residuos (follaje y raíces), para ello se utilizó la metodología de digestión vía húmeda con ácido nítrico per clórico, establecida en el laboratorio de análisis de plantas del INIAP (Alvarado, *et al.* 2000; citado por Saltos, R. 2010), los resultados obtenidos se expresaron en g/ha.

- **Eficiencia de absorción de zinc en la planta**

Con los datos de contenido y extracción totales de zinc en la planta, se calculó la eficiencia de absorción.

Para el cálculo se adaptó la fórmula de Calvache (1990) citado por Saltos, R. (2010):

$$Ef. Zn (\%) = \frac{QZn.Ab.trat. - QZn.Ab.testigo}{QZn Ap. Trat} \times 100$$

**Dónde:**

(%) **Ef. Zn** = porcentaje de eficiencia de zinc aplicado

**QZn. Ab. Trat.** = Cantidad de zinc absorbido por la planta del tratamiento con un nivel de zinc

**QZn. Ab. Testigo** = Cantidad de zinc absorbido por la planta en el testigo sin zinc

**QP Ap.** = Cantidad de zinc aplicado en el tratamiento

### **3.9 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS**

#### **3.9.2 Manejo del ensayo**

##### **3.9.2.1 Análisis químico del suelo**

Un mes antes de la siembra se tomaron muestras de suelo del lote para el análisis químico en el que se determinaron macro y micronutrientes, materia orgánica y pH, con lo cual se dedujo la recomendación química del cultivo (Anexo 2).

##### **3.9.2.2 Análisis químico de la muestra de abono orgánico**

Se realizó el análisis químico de macro y micronutrientes, materia orgánica y pH, de la muestra de abono orgánico utilizado (Anexo 3).

##### **3.9.2.3 Preparación del suelo y labores culturales**

La preparación del terreno se efectuó manualmente. Las labores que se realizaron fueron: barbecho y aporque con azadón.

##### **3.9.2.4 Surcado**

Se realizó a una profundidad de 0.30 m y separados entre surcos a una distancia de 1.00 m.

### 3.9.2.5 Fertilización química y orgánica

Se realizó de acuerdo al siguiente criterio: basándose en el análisis químico del suelo y a los tratamientos propuestos.

Tabla 5. Cantidad de fertilizantes químico para la aplicación en el cultivo de papa.

N.F.Q. **	g/surco*			
	Urea ***	Fosfato Diamónico	Sulpomag	Muriato de Potasio
50%	9,56	58,698	11,529	1,773

\* Área del surco: 1,8 m<sup>2</sup>

\*\* Nivel de fertilización química

\*\*\* La urea se aplicó a los 45 días para completar el requerimiento de nitrógeno

**Elaborado por:** Ing. Rubén Darío Saltos Espín, 2016.

Para la aplicación de zinc se utilizó como fuente el Sulfato de Zinc (ZnSO<sub>4</sub>), este se aplicó a razón de 25 kg/ha (20,45 g/surco) más el 50 % de la fertilización química recomendada (75 kg de N - 150 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - 20 kg de K<sub>2</sub>O - 30 kg de S) al momento de la siembra. El Nitrógeno se lo dividió en dos partes, 50% al momento de la siembra y el resto a los 45 días aproximadamente después de la siembra. Los otros elementos nutricionales (fósforo, potasio y azufre), se aplicaron en su totalidad al momento de la siembra cubriéndolos con una capa delgada de suelo de acuerdo a los tratamientos propuestos (Tabla 5).

En cuanto a la fertilización orgánica se aplicó a razón 5 t/ha (1,35 kg de compost/surco), al momento de la siembra al fondo del surco de acuerdo a los tratamientos propuestos.

### 3.9.2.6 Siembra

La distancia de siembra fue de 0,30 m entre sitios o plantas y de 1m entre surcos; se sembraron dos tubérculos semilla por sitio y el tape se efectuó en forma manual con azadón.

### **3.9.2.7 Controles fitosanitarios**

El control de plagas se realizó periódicamente de acuerdo a las necesidades del cultivo. Las principales plagas que se controlaron fueron: gusano blanco (*Premnotrypes vorax*), que se controló 30 días antes de la siembra en suelo preparado hasta cuando el cultivo emergió, con la colocación de trampas, que consistió en follaje fumigado con acefato a razón de 2 g/l de agua. Para pulguilla (*Epitrix spp*), se aplicó Profenofos 2.5 cc/l de agua.

En cuanto al control de enfermedades como “Lancha” (*Phytophthora infestans*), alternaria (*Alternaria solani*), estos fueron preventivos y curativos, para lo que se utilizó los siguientes ingredientes activos: (Propineb 2 kg/ha, Cimoxanil + Mancozeb 50 g/20 l de agua, Cimoxanil + Propineb 2 kg/ha, Fosetil aluminio 1,75 kg/ha).

### **3.9.2.8 Control de malezas**

Se realizó en forma manual con la ayuda de azadón a los 30 días después de la siembra del ensayo y en el aporque.

### **3.9.2.9 Medio aporque y aporque**

El medio aporque consistió en remover superficialmente el suelo y permitir que el suelo se airee. Esta labor se realizó a los 45 días después de la siembra, incorporando la fertilización complementaria es decir el 50% de N faltante, colocado en banda lateral a 10 cm. de las plantas, cubierta con una capa de suelo. Esta labor se efectuó en forma manual con azadón.

La labor de aporque se realizó a los 90 días con la finalidad de dar mayor sostén a la planta, aflojar la tierra para la aireación, tapar las raicillas, para favorecer la tuberización y conservar la humedad.

### **3.9.2.10 Cosecha**

La cosecha se realizó en forma manual cuando el cultivo alcanzó su madurez fisiológica (senescencia).

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. ALTURA DE PLANTA (AP)

Tabla 6. Análisis de varianza en la variable altura de planta.

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculada
Bloques	66,32	2	33,16	14,67 ns
Factor a: Variedades	84,11	1	84,11	37,22 *
Error (a)	4,52	2	2,26	
Factor b: fertilización química	2858,2	1	2858,2	594,22 **
Variedades x Fertilización química	7,12	1	7,12	1,48 ns
Error (b)	19,22	4	4,81	
Factor c: Fertilización orgánica	13,16	1	13,16	0,44 ns
Variedades x Fertilización orgánica	1,47	1	1,47	0,05 ns
Fertilización química x Fertilización orgánica	40,27	1	40,27	1,35 ns
Variedades x Fertilización orgánica x Fertilización química	7,32	1	7,32	0,25 ns
Error (c)	238,28	8	29,78	
<b>Total</b>	<b>3339,99</b>	<b>23</b>		

Coefficiente de variación: 8,67%

ns = no significativo, \*\* altamente significativo al 1%, \* significativo al 5%

**Fuente:** Datos de campo 2015

**Elaborado por:** Ing. Rubén Darío Saltos Espín, 2016.

Los resultados obtenidos del análisis de varianza en la variable altura de plantas, determinaron existencia de diferencias estadísticas significativas para variedades y alta significación para fertilización química, en los restantes factores e interacciones no se encontraron diferencias estadísticas significativas. Con un

coeficiente de variación del 8,67 % indicando confiabilidad en los resultados (Tabla 6).

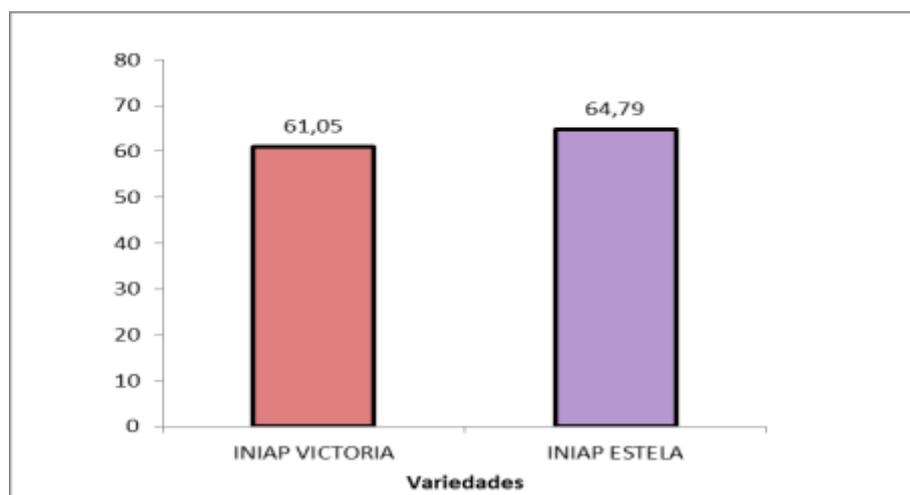
Tabla 7. Resultados de la prueba de Tukey al 5 % para comparar los promedios de variedades (Factor A), en la variable altura de planta.

		<b>Altura de planta</b>
<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Promedio (cm)</b>
A1	INIAP Estela	64,79 A
A2	INIAP Victoria	61,05 B

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

**Fuente:** Datos de campo 2015

**Elaborado por:** Ing. Rubén Darío Saltos Espín, 2016.



**Elaborado por:** Ing. Rubén Darío Saltos Espín, 2016.

Figura 4. Resultado de las variedades en la variable altura de planta en cm.

Con la prueba de Tukey al 5% para Factor A (Tabla 7), se encontró el valor más alto en A1= (INIAP Estela), con una altura promedio de 64,79 cm, el valor más bajo se ubicó en A2 = (INIAP Victoria) con 61,05 cm.

Los valores encontrados en esta investigación tanto para INIAP Estela e INIAP Victoria están por debajo de los valores reportados por las fichas técnicas de las variedades indicadas, en el caso de la variedad INIAP Estela los valores promedios están entre 0,75 y 1,20 cm de altura. Las aplicaciones al suelo de los nutrientes a través de los fertilizantes y del suelo mismo, no fueron suficientes para expresar el potencial genético de la planta.

Según García, F. y González, M. (2013), si bien el aporte de una adecuada nutrición del cultivo a la respuesta en la productividad de los cultivos es altamente variable según la condición de sitio (suelo, cultivo y clima).

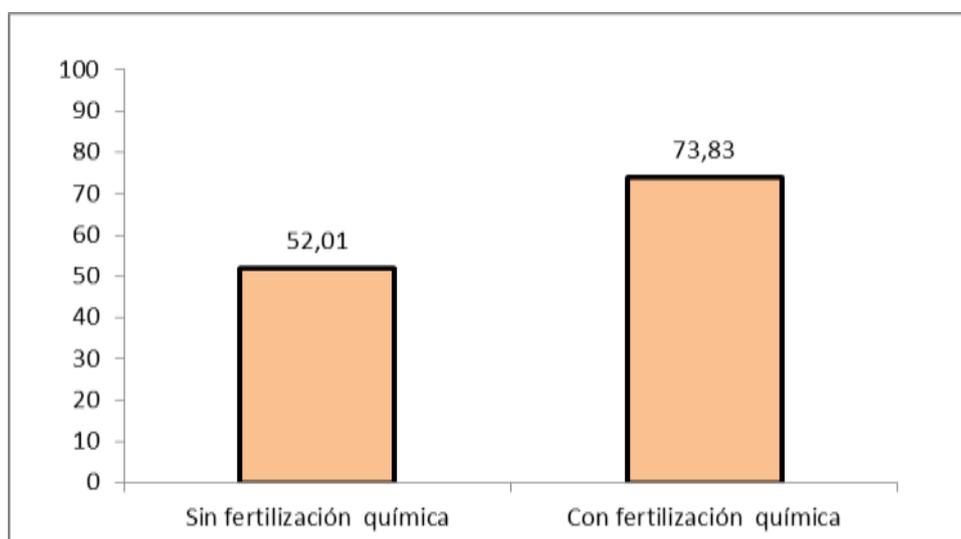
Tabla 8. Resultados de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios de la fertilización química (Factor B), en la altura de planta.

		<b>Altura de planta</b>
<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Promedio</b>
B2	Con fertilización química	73,83 A
B1	Sin fertilización química	52,01 B

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

**Fuente:** Datos de campo 2015

**Elaborado por:** Ing. Rubén Darío Saltos Espín, 2016.



**Elaborado por:** Ing. Rubén Darío Saltos Espín, 2016.

Figura 5. Resultado de la fertilización química en la variable altura de planta en cm.

Con la prueba de Tukey al 5% para tratamientos (Tabla 8), se encontró el valor más alto en B2= (con fertilización química), con un promedio de altura 73,83 cm en la planta, el más bajo se ubicó en el B1 = (sin fertilización química) con 52,01 cm.

Los valores encontrados en la Tabla 8 nos permiten inferir que el aporte de nutrientes del suelo para la planta no fue suficiente para el normal desarrollo del cultivo, siendo necesaria la aplicación de fertilizantes edáficos (figura 5). Según

Somarriba (1997), citado por Cantarero, R. y Martínez, O. (2002), menciona que la altura de planta está influenciada por el carácter genético de la variedad, tipo suelo y el manejo agronómico del cultivo.

#### 4.2. NÚMERO DE TALLOS POR PLANTA (NTPP)

Tabla 9. Análisis de varianza en la variable número de tallos por planta.

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculada
Bloques	5,78	2	2,89	8,26 ns
Variedades	0,56	1	0,56	1,60 ns
Error (a)	0,7	2	0,35	
Fertilización química	7,04	1	7,04	17,60 *
Variedades x Fertilización química	0,56	1	0,56	1,40 ns
Error (b)	1,59	4	0,4	
Fertilización orgánica	0,12	1	0,12	0,11 ns
Variedades x Fertilización orgánica	2,89	1	2,89	2,74 ns
Fertilización química x Fertilización orgánica	0,23	1	0,23	0,21 ns
Variedades x Fertilización orgánica x Fertilización química	0,38	1	0,38	0,36 ns
Error (c)	8,44	8	1,06	
Total	28,29	23		

Coeficiente de variación: 12,39%

ns = no significativo, \*\* altamente significativo al 1%, \* significativo al 5%

Fuente: Datos de campo 2015

Elaborado por: Ing. Rubén Darío Saltos Espín, 2016.

Los resultados obtenidos del análisis de varianza en la variable número de tallos por planta, determinó que existe significación estadística para fertilización química, en los restantes factores e interacciones no se encontraron diferencias estadísticas. Con un coeficiente de variación del 12,39 % que indica confiabilidad en los resultados (Tabla 9).

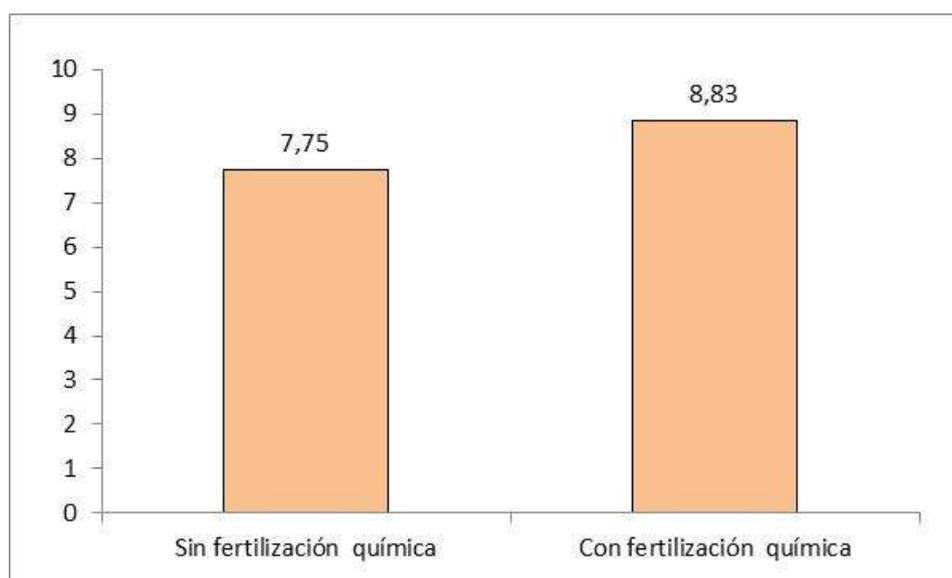
Tabla 10. Resultados de la prueba de Tukey al 5 % para comparar los promedios de fertilización química (Factor A), en el número de tallos por planta.

Número de tallos por planta		
Código	Descripción	Promedio
B2	Con fertilización química	8,83 A
B1	Sin fertilización química	7,75 B

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

Fuente: Datos de campo 2015

Elaborado por: Ing. Rubén Darío Saltos Espín, 2016.



Elaborado por: Ing. Rubén Darío Saltos Espín, 2016.

Figura 6. Resultado de la fertilización química en la variable número de tallos por planta.

En la prueba de Tukey al 5% para tratamientos (Tabla 10), se encontró el valor más alto en B2= (Con fertilización química), con un promedio de 8,83 tallos por planta, el más bajo se ubicó en el B1 = (Sin fertilización química) con 7,75.

Al no existir un aporte complementario de nutrientes (B1) a la que brinda de forma natural el suelo, éste no permitió nutrir la cantidad de tallos producidos por planta a diferencia de los tratamientos aplicados fertilización edáfica. La cantidad de tallos por planta fue alta para este tipo de variedades, pero es debido que a la siembra se colocaron 2 tubérculos por sitio (Figura 6).

Según Wiersema, S.G. (1987), la densidad de tallos afecta el número de tubérculos, el tamaño de tubérculos y la tasa de multiplicación y está determinada por el número tallos que emergen y sobreviven.

De acuerdo a Pumisacho, M. y Sherwood, S. (2002), citado por Saltos, R. (2010), la cantidad de tallos producidos por planta es variable. Depende del tamaño de semilla, variedad, número de brotes y método de siembra.

### 4.3. NÚMERO DE TUBÉRCULOS POR PLANTA (NTPP)

Tabla 11. Análisis de varianza en la variable número de tubérculos de planta.

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculada
Bloques	65,88	2	32,94	38,752 *
Variedades	2,31	1	2,31	2,717 ns
Error (a)	1,7	2	0,85	
Fertilización química	404,75	1	404,75	202,375 **
Variedades x Fertilización química	60,5	1	60,5	30,25 **
Error (b)	8	4	2,00	
Fertilización orgánica	5,04	1	5,04	0,62 ns
Variedades x Fertilización orgánica	26,04	1	26,04	3,23 ns
Fertilización química x Fertilización orgánica	0,56	1	0,56	0,07 ns
Variedades x Fertilización orgánica x Fertilización química	2,89	1	2,89	0,36 ns
Error (c)	64,55	8	8,07	
Total	642,22	23		

**Coefficiente de variación:** 16,12 %

ns = no significativo, \*\* altamente significativo al 1%, \* significativo al 5%

**Fuente:** Datos de campo 2015

**Elaborado por:** Ing. Rubén Darío Saltos Espín, 2016.

Los resultados obtenidos del análisis de varianza en la variable número de tubérculos de planta, determinó que existe alta significación estadística para fertilización química, interacción variedades por fertilización química, y

significación estadística para bloques, en los restantes factores no se encontró significación estadística. Con un coeficiente de variación del 16,12% que indica confiabilidad en los resultados (Tabla 11).

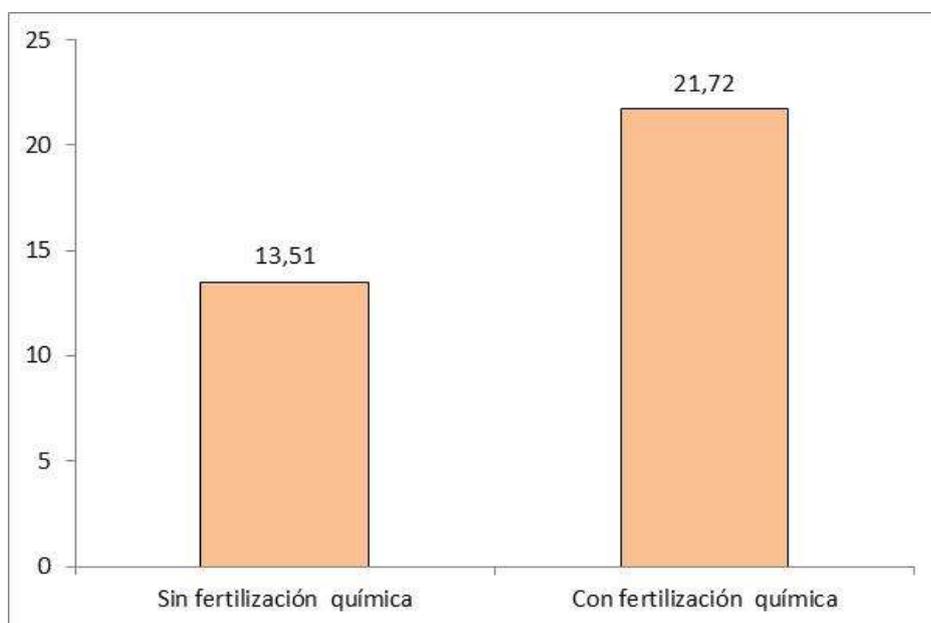
*Tabla 12.* Resultados de la prueba de Tukey al 5 % para comparar los promedios de la fertilización química (Factor B), en el número de tubérculos por planta.

<b>Número de tubérculos por planta</b>		
<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Promedio</b>
B2	Con fertilización química	21,72 A
B1	Sin fertilización química	13,51 B

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

**Fuente:** Datos de campo 2015

**Elaborado por:** Ing. Rubén Darío Saltos Espín, 2016.



**Elaborado por:** Ing. Rubén Darío Saltos Espín, 2016.

*Figura 7.* Resultado de la fertilización química en la variable número de tubérculos de planta.

Con la prueba de Tukey al 5% para tratamientos (Tabla 12), se encontró el valor más alto en B2= (Con fertilización química), con un promedio de 21,72 tubérculos por planta, el más bajo se ubicó en el B1 = (Sin fertilización química) con 13,51.

Al no existir un aporte adicional de nutrimentos en el tratamiento B1 a más que la que brinda en forma natural el suelo, éste fue insuficiente para nutrir la cantidad

de tallos y tubérculos producidos por planta a diferencia de los tratamientos aplicados fertilización edáfica, los cuales respondieron con un incremento en la cantidad de tubérculos producidos por tallo y por planta (Figura 7).

Según Wiersema, S.G. (1987), el número de tubérculos producidos depende de la competencia entre los tallos por los factores de crecimiento, como nutrientes, agua y luz; la competencia es menor cuando la densidad de tallos es baja, lo cual conduce a un número grande de tubérculos por tallo, pero también a un número menor de tubérculos por unidad de área.

Los factores de crecimiento también afectan el tamaño de los tubérculos que está limitado cuando la competencia entre los tallos es alta. Los tubérculos producidos con densidad alta de tallos serán más pequeños que los producidos con densidad baja de tallos.

*Tabla 13.* Resultados de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios de la interacción A x B en la variable número de tubérculos por planta.

<b>Número de tubérculos por planta</b>		
<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Promedio</b>
A2B2	INIAP Victoria + Con fertilización química	23,00 A
A1B2	INIAP Estela + Con fertilización química	20,44 B
A1B1	INIAP Estela + Sin fertilización química	15,41 C
A2B1	INIAP Victoria + Sin fertilización química	11,61 D

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

**Fuente:** Datos de campo 2015

**Elaborado por:** Ing. Rubén Darío Saltos Espín, 2016.

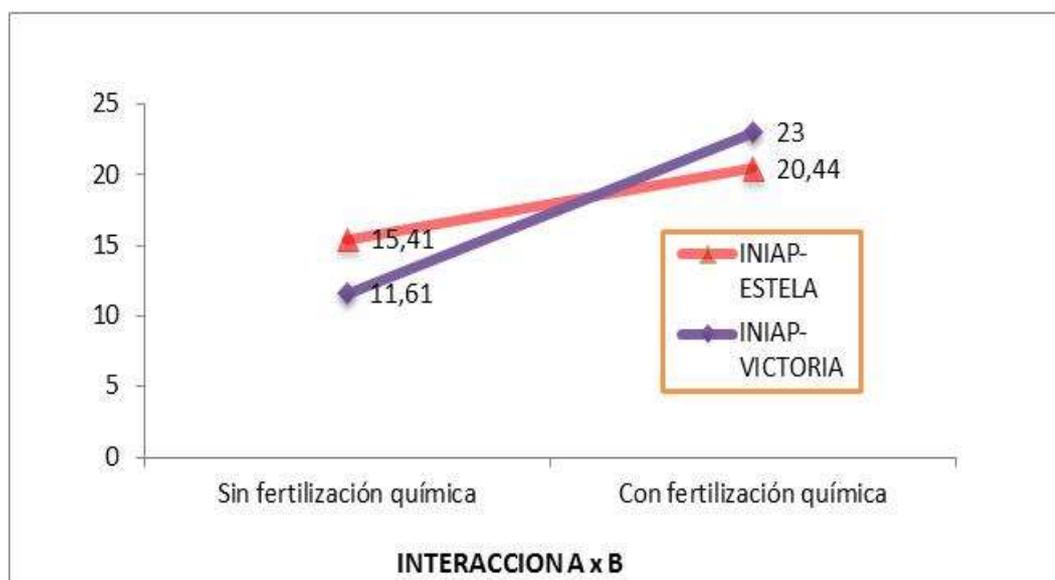


Figura 8. Efecto de los factores A x B en el número de tubérculos por planta.

La respuesta de la interacción de las variedades por fertilización química en la variable número de tubérculos por planta, fue muy diferente (Tabla 13).

Con la prueba de Tukey al 5% para interacción de los factores A x B (Tabla 13), se encontró que los valores más altos presentaron A2B2 = (INIAP Victoria + con fertilización química), un promedio de 23 tubérculos por planta y A1B2 = (INIAP Estela + con fertilización química) con 20,44; el valor más bajo se ubicó en A2B1 = (INIAP Victoria + sin fertilización química), con un promedio de 11,61.

La adición de fertilizantes edáficos para la nutrición en las variedades INIAP Estela e INIAP Victoria fueron determinantes para la producción de tubérculos producidos por planta, observándose una fuerte interacción entre variedades y fertilización.

Los resultados demuestran que las variedades de papa respondieron a la aplicación de la fertilización química, siguiendo un orden de menor a mayor, esto se da por que las plantas disponían de un suministro importante de nutrientes permitiendo un incremento de la producción.

Según Méndez, P. (2010), hay menor competencia entre los tallos cuando hay menor densidad de tallos. En este caso se obtiene un número grande de tubérculos por tallo, pero se reduce el número de tubérculos por unidad de área. Cuando aumenta la densidad de tallos, es decir cuando aumenta el número de tallos por planta, disminuye el número de tubérculos por tallo, pero aumenta, generalmente el número de tubérculos por unidad de área.

#### 4.4. RENDIMIENTO POR HECTÁREA (t/ha)

Tabla 14. Análisis de varianza en la variable rendimiento por hectárea (t/ha).

Fuentes de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculada
Bloques	21,72	2	10,86	4,07 ns
Factor a: Variedades	0,12	1	0,12	0,04 ns
Error (a)	5,33	2	2,67	
Factor b: Fertilización química	746,31	1	746,31	540,80 **
Variedades x Fertilización química	40,19	1	40,19	29,12 **
Error (b)	5,53	4	1,38	
Factor c: Fertilización orgánica	21,51	1	21,51	7,62 *
Variedades x Fertilización orgánica	0,48	1	0,48	0,17 ns
Fertilización química x Fertilización orgánica	27,09	1	27,09	9,60 *
Variedades x Fertilización orgánica x Fertilización química	3,76	1	3,76	1,33 ns
Error (c)	22,57	8	2,82	
Total	894,62	23		

Coeficiente de variación: 8,66%

ns = no significativo, \*\* altamente significativo al 1%, \* significativo al 5%

**Fuente:** Datos de campo 2015

**Elaborado por:** Ing. Rubén Darío Saltos Espín, 2016.

Los resultados obtenidos del análisis de varianza en la variable rendimiento por hectárea t/ha (Tabla 14), determinan que existe alta significación estadística para fertilización química, interacción variedades por fertilización química y significación estadística para fertilización orgánica, interacción fertilización química por fertilización orgánica; mientras que para los demás factores no se encontraron diferencias estadísticas significativas. Con un coeficiente de variación del 12,39 % indicando confiabilidad en los resultados.

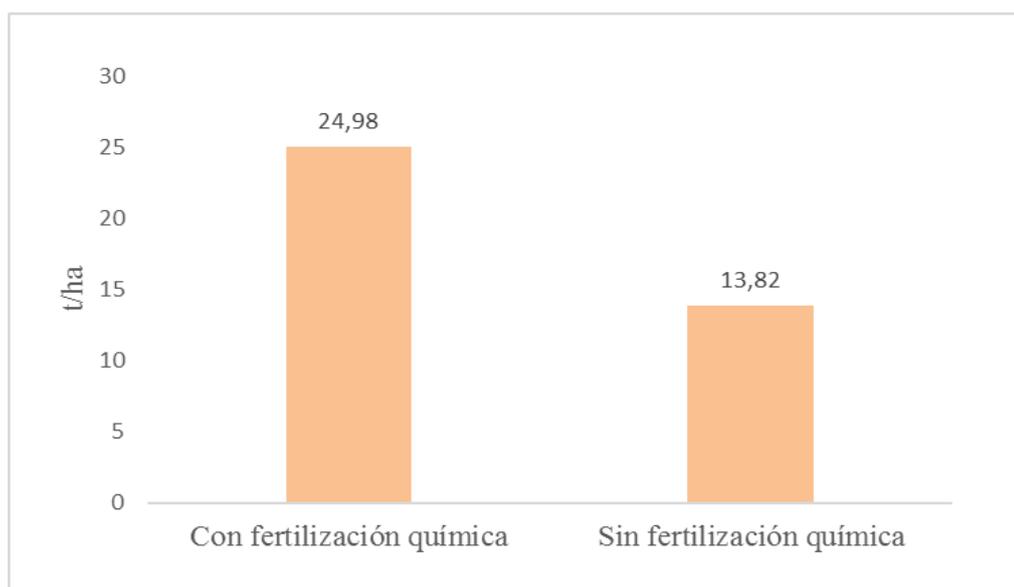
Tabla 15. Resultados de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios de la fertilización química (Factor A), en el rendimiento de papa (t/ha).

		<b>Rendimiento (t/ha)</b>
<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Promedio</b>
B2	Con fertilización química	24,98 A
B1	Sin fertilización química	13,82 B

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

**Fuente:** Datos de campo 2015

**Elaborado por:** Ing. Rubén Darío Saltos Espín, 2016.



**Elaborado por:** Ing. Rubén Darío Saltos Espín, 2016.

Figura 9. Resultado de la fertilización química en el rendimiento de papa (t/ha).

La respuesta de la fertilización química en cuanto a la variable rendimiento en (t/ha), fue muy diferente (Tabla 15). Con la prueba de Tukey al 5% para

fertilización química se encontró el valor más alto en B2 = (Con fertilización química) con 24,98 t/ha y el más bajo se ubicó en B1 = (Sin fertilización química), con un promedio de 13.82 t/ha.

Se calculó incrementos en el rendimiento de papa por la aplicación de la fertilización química al suelo (Figura 9).

- **Interacción variedades x fertilización química**

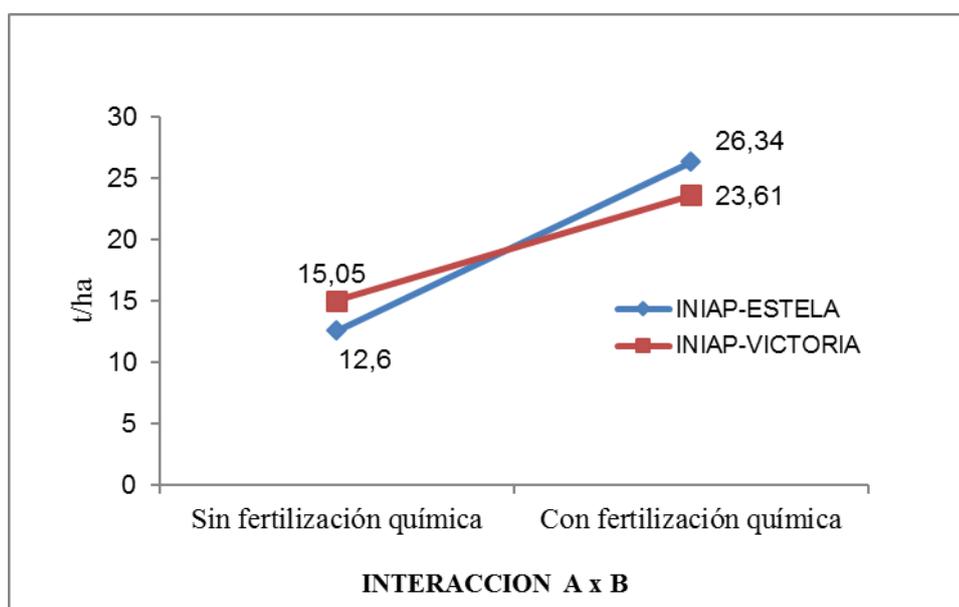
Tabla 16. Resultados de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios de la interacción A x B en el rendimiento de papa (t/ha).

Código	Descripción	Rendimiento (t/ha)	
		Promedio	
A1B2	INIAP Estela + Con fertilización química	26,34	A
A2B2	INIAP Victoria + Con fertilización química	23,61	B
A2B1	INIAP Victoria + Sin fertilización química	15,05	C
A1B1	INIAP Estela + Sin fertilización química	12,60	D

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

Fuente: Datos de campo 2015

Elaborado por: Ing. Rubén Darío Saltos Espín, 2016.



Elaborado por: Ing. Rubén Darío Saltos Espín, 2016.

Figura 10. Interacción de A x B en el rendimiento de papa (t/ha).

La respuesta de la interacción de las variedades por la fertilización química en cuanto a la variable rendimiento en (t/ha), fue muy diferente (Tabla 16).

Con la prueba de Tukey al 5% para interacción A x B, se encontraron los valores más altos en A1B2 = (INIAP Estela + Con fertilización química), con un promedio de 26,34 t/ha y A2B2 = (INIAP Victoria + Con fertilización química) con 23,61 t/ha, los valores más bajos se ubicaron en el A2B1 = (INIAP Victoria + Sin fertilización química) con 15,05 t/ha y el A1B1 = (INIAP Estela + Sin fertilización química) con un promedio de 12,60 t/ha.

Las variedades de papa respondieron a la aplicación de la fertilización química, esto se da por que las plantas disponían de un suministro importante de nutrientes permitiendo un incremento de la producción (Figura 10). La producción de papa está sujeta a varios factores como la calidad y tamaño de la semilla utilizada, disponibilidad de nutrientes en el suelo, condiciones físicas, químicas y biológicas apropiadas del suelo, manejo del cultivo incluyendo las actividades a tiempo, así como de la presencia de buenas condiciones ambientales que permitan un normal desarrollo y crecimiento de los tubérculos.

- **Fertilización orgánica**

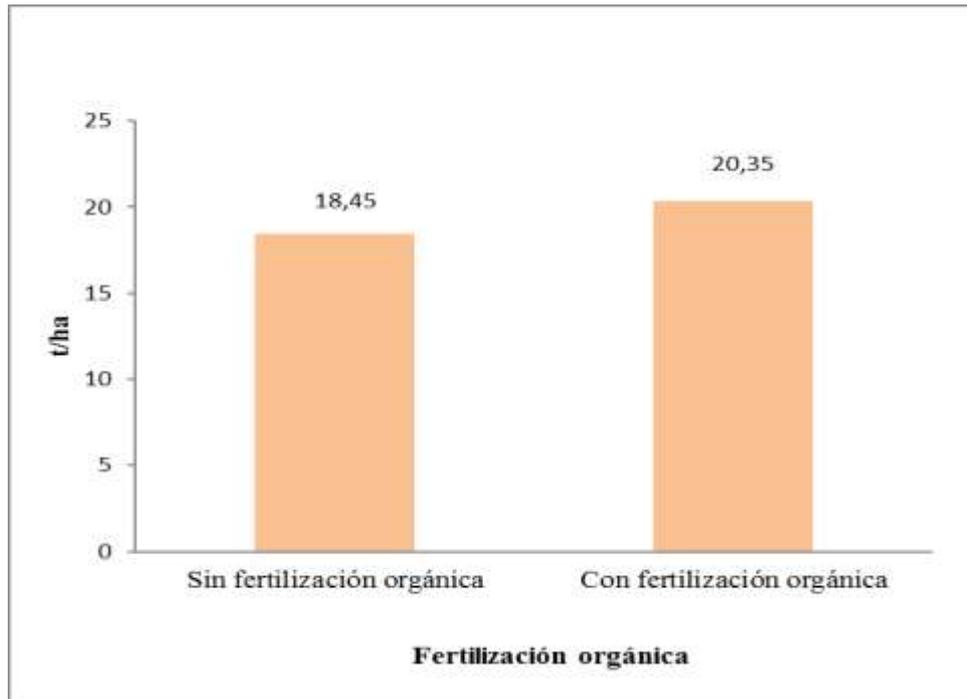
*Tabla 17.* Resultados de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios de la fertilización orgánica (Factor B), en el rendimiento de papa (t/ha).

		<b>Rendimiento (t/ha)</b>
<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Promedio</b>
C2	Con fertilización orgánica	20,35 A
C1	Sin fertilización orgánica	18,45 B

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

**Fuente:** Datos de campo 2015

**Elaborado por:** Ing. Rubén Darío Saltos Espín, 2016.



Elaborado por: Ing. Rubén Darío Saltos Espín, 2016.

*Figura 11.* Resultado de la fertilización orgánica en el rendimiento de papa (t/ha).

La respuesta de la fertilización orgánica en cuanto a la variable rendimiento de tubérculos en (t/ha), fue diferente (Tabla 17). Con la prueba de Tukey al 5% para fertilización orgánica, se registró el valor más alto en C2 = (Con fertilización orgánica), con un promedio de 20,35 t/ha y el valor más bajo se ubicó en el C1 = (Sin fertilización orgánica), con 18.45 t/ha.

La aplicación de fertilizante orgánico del tratamiento C2 = (Con fertilización orgánica), el rendimiento de papa se incrementó (Figura 11); el contenido de materia orgánica del suelo fue de 4,7% contribuyendo favorablemente en el rendimiento de papa. Probablemente la materia orgánica aplicada al suelo no estuvo suficientemente mineralizada para la asimilación para las plantas y resultó un poco tóxica afectando el rendimiento.

Según Soto (2004) citado por Saltos, R. (2010), indica que la tasa de liberación de nutrientes a partir de abonos orgánicos depositados al suelo depende del tipo de materia prima (C:N, tamaño de partícula, etc.), el grado de descomposición o

humificación de los materiales y las condiciones climáticas, sobre todo precipitación y temperatura.

- **Interacción fertilización química x fertilización orgánica**

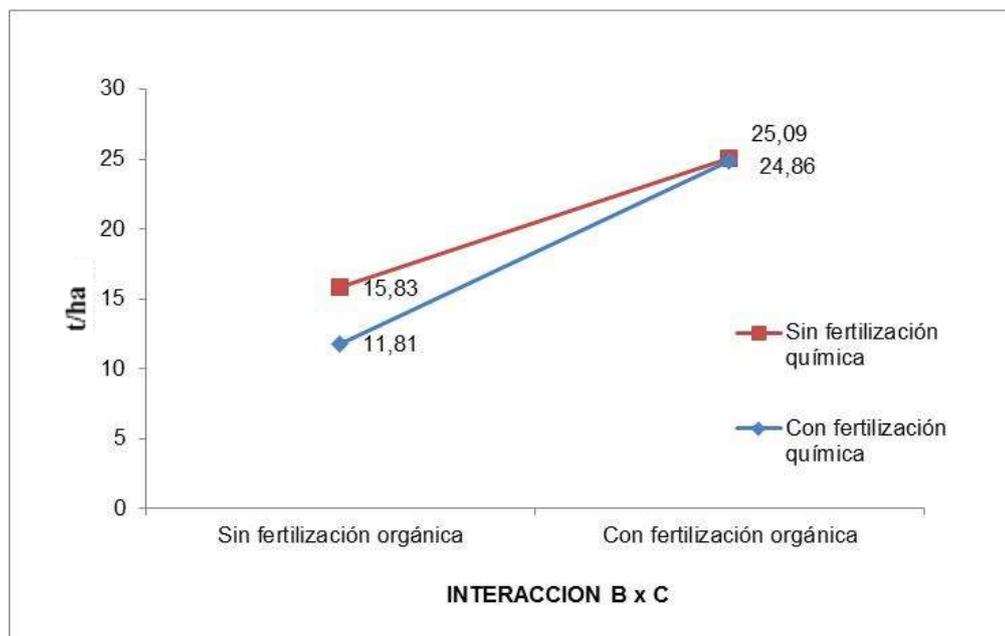
*Tabla 18.* Resultados de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios de la interacción B x C en el rendimiento de papa (t/ha).

		<b>Rendimiento (t/ha)</b>
<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Promedio</b>
B2C1	Con fertilización química + Sin fertilización orgánica	25,09 A
B2C2	Con fertilización química + Con fertilización orgánica	24,86 A
B1C2	Sin fertilización química + Con fertilización orgánica	15,83 B
B1C1	Sin fertilización química + Sin fertilización orgánica	11,81 C

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

**Fuente:** Datos de campo 2015

**Elaborado por:** Ing. Rubén Darío Saltos Espín, 2016.



**Elaborado por:** Ing. Rubén Darío Saltos Espín, 2016.

*Figura 12.* Efecto de los tratamientos B x C en el rendimiento de papa (t/ha).

La respuesta de la interacción de la fertilización química por fertilización orgánica en cuanto a la variable rendimiento en (t/ha), fue diferente (Tabla 18).

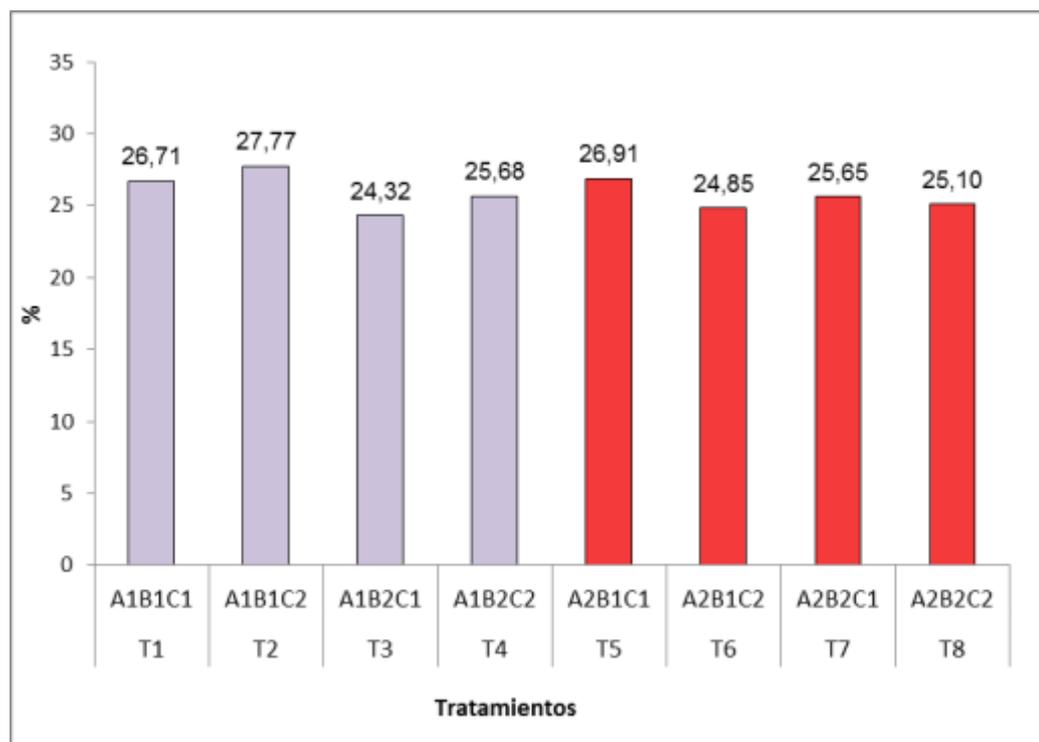
Con la prueba de Tukey al 5% para interacción B x C, se encontraron los valores más altos en B2C1= (Con fertilización química + Sin fertilización orgánica), con un promedio de 25,09 t/ha y B2C2 = (Con fertilización química + Con fertilización orgánica) con 24,86 t/ha, el valor más bajo se ubicó en el B1C1= (Sin fertilización química + Sin fertilización orgánica) con un promedio de 11,81 t/ha.

Las aplicaciones de la fertilización química y fertilización orgánica representadas en el Figura 12 por las líneas semi-paralelas presentan una ligera interacción permitiendo que el cultivo incremente el rendimiento de papa; sin embargo, probablemente el pH alcalino del abono orgánico (9.8) alteró la disponibilidad de los nutrientes para la planta y por ende su absorción, afectando el rendimiento.

Según Soto, G. (2004), citando a Lavelle, *et al.*, (1993) y Zech *et al.*, (1997), la liberación de nutrientes al suelo a partir de los abonos orgánicos está en función de la fragmentación, mineralización y humificación.

De acuerdo a Pozo (1997), citado por Saltos, R. (2010), el crecimiento de los tubérculos está influenciado por la variedad y las condiciones de manejo del cultivo, bajo estrés; por lo tanto, los tubérculos crecerán muy poco diariamente.

#### 4.5. PORCENTAJE DE MATERIA SECA DE TUBÉRCULOS (PMST)



Elaborado por: Ing. Rubén Darío Saltos Espín, 2016.

Figura 13. Efecto de los tratamientos en el porcentaje de materia seca de tubérculos.

Si bien las condiciones bioclimáticas, edáficas y manejo integrado del cultivo pueden incidir en el porcentaje de materia seca en los tubérculos, esta investigación demuestra que este carácter principalmente fue de tipo varietal.

Beukema, H. y Van Der Zaag, D. (1999), mencionan que el porcentaje de materia seca depende de la variedad (material genético), condiciones de crecimiento, de la capacidad de ésta para realizar los procesos de translocación de las hojas hacia los tubérculos, disponibilidad de nutrimentos, agua y aprovechamiento; así como del tamaño y grado de maduración de los tubérculos.

Pumisacho, M. y Sherwood, S. (2002), sugieren que en el Ecuador es deseable un alto porcentaje de materia seca (25%), lo cual se relaciona con un alto porcentaje de almidón y una mayor gravedad específica. La industria exige que la papa contenga por lo menos 21% de materia seca.

#### 4.6. CONTENIDO DE MATERIA SECA DE LOS TUBÉRCULOS (CMST)

Tabla 19. Análisis de varianza en la materia seca de los tubérculos (CMST).

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculada
Bloques	1,43	2	0,71	4,17 ns
Variedades	0,04	1	0,04	0,23 ns
Error (a)	0,33	2	0,17	
Fertilización química	41,69	1	41,69	463,22 **
Variedades x Fertilización química	1,56	1	1,56	17,33 *
Error (b)	0,37	4	0,09	
Fertilización orgánica	1,59	1	1,59	8,92 *
Variedades x Fertilización orgánica	0,17	1	0,17	0,95 ns
Fertilización química x Fertilización orgánica	1,27	1	1,27	7,15 *
Variedades x Fertilización orgánica x Fertilización química	0,25	1	0,25	1,47 ns
Error (c)	1,42	8	0,17	
Total	50,11	23		

Coefficiente de variación: 8,48 %

ns = no significativo, \*\* altamente significativo al 1%, \* significativo al 5%

**Fuente:** Datos de campo 2015

**Elaborado por:** Ing. Rubén Darío Saltos Espín, 2016.

Los resultados obtenidos del análisis de varianza en la variable materia seca de los tubérculos (Tabla 19), determinó que existe alta significación estadística para la fertilización química y significación estadística para interacción variedades x fertilización química, fertilización orgánica; mientras que para los demás factores no se encontró significación estadística. Con un coeficiente de variación del 8,48 % indicando confiabilidad en los resultados.

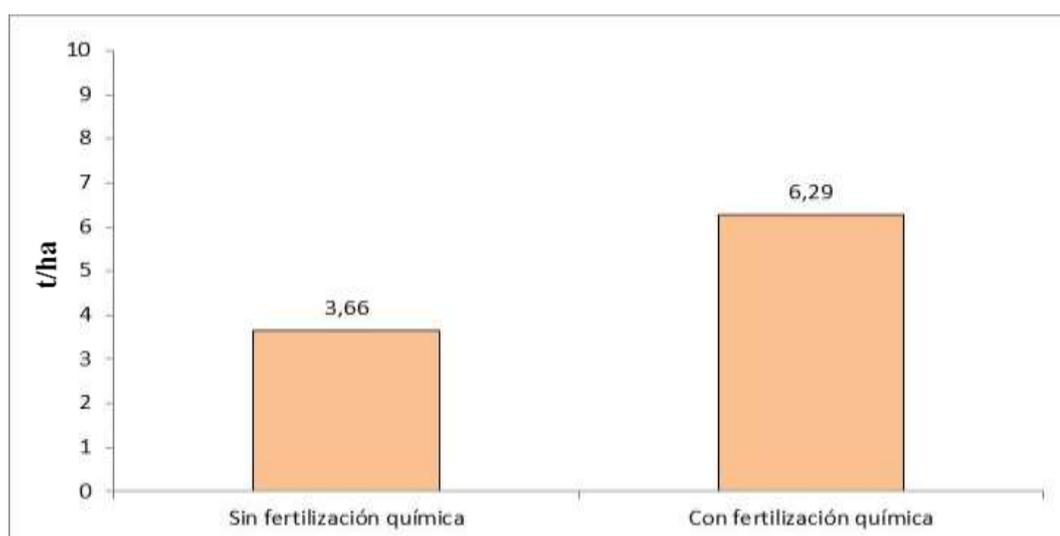
Tabla 20. Resultados de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios de la fertilización química (Factor B), en la materia seca de los tubérculos.

<b>Materia seca de los tubérculos</b>		
<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Promedio</b>
B2	Con fertilización química	6,29 A
B1	Sin fertilización química	3,66 B

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

**Fuente:** Datos de campo 2015

**Elaborado por:** Ing. Rubén Darío Saltos Espín, 2016.



**Elaborado por:** Ing. Rubén Darío Saltos Espín, 2016.

Figura 14. Resultado de la fertilización química en la variable materia seca de los tubérculos.

La respuesta de la fertilización química en cuanto a la variable materia seca de tubérculos, fue muy diferente (Tabla 20). Con la prueba de Tukey al 5% para fertilización química, se encontró el valor más alto en B2 = (Con fertilización química) con 6,29 t/ha y el más bajo se ubicó en B1 = (Sin fertilización química), con un promedio de 3,66 t/ha. En la Tabla 20 y Figura 14 el factor B2 = (Con fertilización química) alcanzó un valor de materia seca de tubérculos de 6,29 t/ha, resultado alcanzado por el aporte adicional de nutrientes al suelo los cuales fueron asimilados por el cultivo incrementando los contenidos de materia seca en tubérculos por área de siembra.

- **Interacción A x B en la materia seca de los tubérculos**

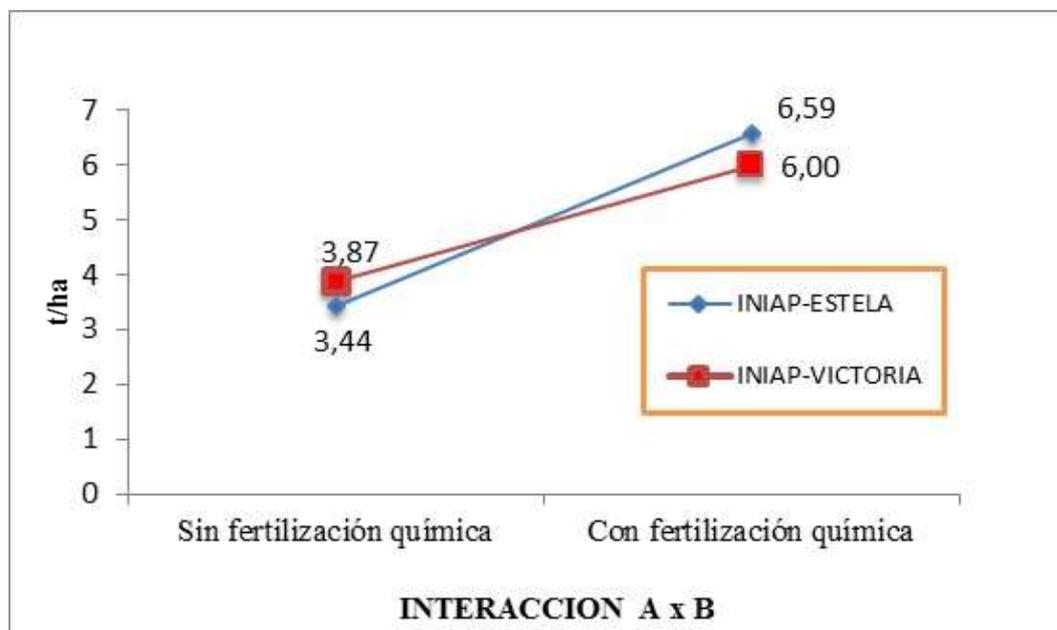
Tabla 21. Resultados de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios de la interacción A x B en la materia seca de los tubérculos.

<b>Materia seca de los tubérculos</b>		
<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Promedio</b>
A1B2	INIAP Estela + Con fertilización química	6,59 A
A2B2	INIAP Victoria + Con fertilización química	6,00 B
A2B1	INIAP Victoria + Sin fertilización química	3,87 C
A1B1	INIAP Estela + Sin fertilización química	3,44 D

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

Fuente: Datos de campo 2015

Elaborado por: Ing. Rubén Darío Saltos Espín, 2016.



Elaborado por: Ing. Rubén Darío Saltos Espín, 2016.

Figura 15. Efecto de los tratamientos A x B en la materia seca de los tubérculos.

La respuesta de la interacción de las variedades por la fertilización química en cuanto a la variable materia seca de tubérculos, fue diferente (Tabla 21). Con la prueba de Tukey al 5% para interacción A por B, se encontraron los valores más altos en A1B2 = (INIAP Estela + Con fertilización química), con un promedio de 6,59 t/ha y A2B2 = (INIAP Victoria + Con fertilización química) con 6,00 t/ha, los valores más bajos se ubicaron en el A2B1 = (INIAP Victoria + Sin

fertilización química) con 3,87 t/ha, y A1B1 = (INIAP Estela+ Sin fertilización química) con un promedio de 3,44 t/ha.

Las variedades de papa respondieron a la aplicación de la fertilización química, esto se da por que las plantas disponían de un suministro importante de nutrientes permitiendo un incremento de la producción de materia seca de tubérculos (Figura 15).

- **Fertilización orgánica**

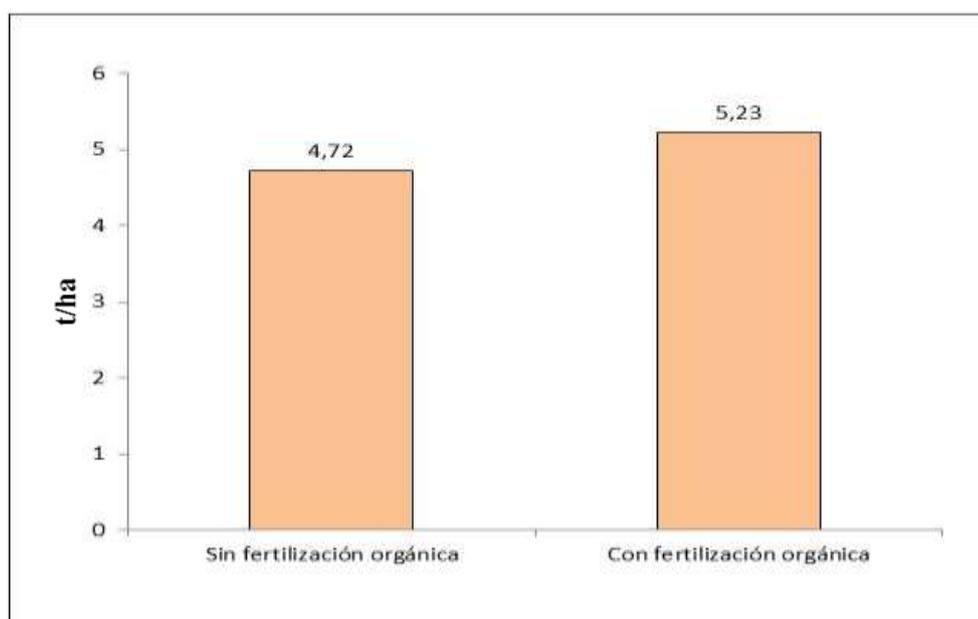
*Tabla 22.* Resultados de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios de la fertilización orgánica (Factor B), en la materia seca de los tubérculos.

<b>Materia seca de los tubérculos</b>		
<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Promedio</b>
C2	Con fertilización orgánica	5,23 A
C1	Sin fertilización orgánica	4,72 B

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

**Fuente:** Datos de campo 2015

**Elaborado por:** Ing. Rubén Darío Saltos Espín, 2016.



**Elaborado por:** Ing. Rubén Darío Saltos Espín, 2016.

*Figura 16.* Resultado de la fertilización orgánica en la materia seca de los tubérculos.

La respuesta de la fertilización orgánica en cuanto a la variable materia seca de tubérculos, fue diferente (Tabla 22).

Con la prueba de Tukey al 5% para aplicación de fertilización orgánica, se registró el valor más alto en C2 = (Con fertilización orgánica), con un promedio de 5,23 t/ha y el valor más bajo se ubicó en el B1 = (Sin fertilización orgánica), con 4,72 t/ha.

La aplicación de fertilizante orgánico ligeramente incrementó la producción de materia seca de tubérculos (Figura 16), el efecto de la materia orgánica es a mediano y largo plazo. El pH alcalino del abono orgánico quizá afectó la asimilación de nutrientes en las plantas afectando el rendimiento. El aporte natural del suelo para incrementar la materia seca del cultivo fue importante.

Soto, G. (2004), indica que la tasa de liberación de nutrimentos a partir de abonos orgánicos depositados al suelo va a depender del tipo de materia prima (C: N, tamaño de partícula, etc.), el grado de descomposición o humificación de los materiales y las condiciones climáticas, sobre todo precipitación y temperatura.

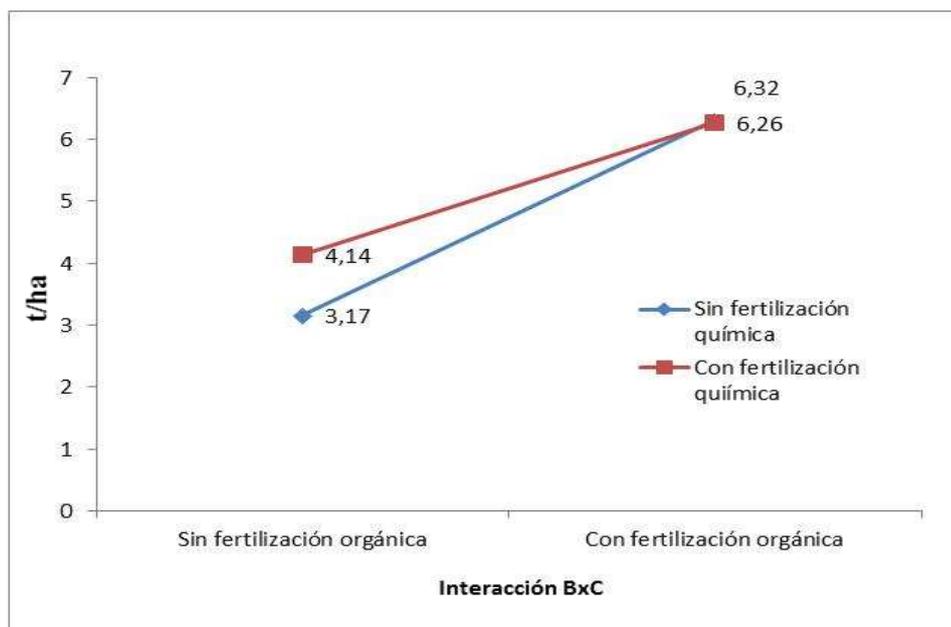
*Tabla 23.* Resultados de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios de la interacción B x C en la materia seca de los tubérculos.

<b>Materia seca de los tubérculos</b>		
<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Promedio</b>
B2C2	Con fertilización química + Con fertilización orgánica	6,32 A
B2C1	Con fertilización química + Sin fertilización orgánica	6,26 A
B1C2	Sin fertilización química + Con fertilización orgánica	4,14 B
B1C1	Sin fertilización química + Sin fertilización orgánica	3,17 C

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

**Fuente:** Datos de campo 2015

**Elaborado por:** Ing. Rubén Darío Saltos Espín, 2016.



**Elaborado por:** Ing. Rubén Darío Saltos Espín, 2016.

*Figura 17.* Efecto de la interacción B x C en la materia seca de los tubérculos.

La interacción de la fertilización química (Factor B) por fertilización orgánica (Factor C) en cuanto a la variable materia seca de tubérculos, fue diferente (Tabla 23). Con la prueba de Tukey al 5% para interacción B x C, se encontraron los valores más altos en B2C2 = (Con fertilización química + Con fertilización orgánica) con un promedio de 6,32 t/ha seguidos por B2C1= (Con fertilización química + Sin fertilización orgánica) con 6,26 t/ha, B1C2 = (Sin fertilización química + Con fertilización orgánica) con 4,14 t/ha y valor más bajo se encontró en B1C1 = (Sin fertilización química + Sin fertilización orgánica) con 3,17 t/ha de materia seca de tubérculos.

Los resultados indican que la aplicación de fertilización química y orgánica representada en la Figura 17 con líneas semi-paralelas presentan una ligera interacción. Probablemente, el pH alcalino (9,8) del abono orgánico provocó la precipitación de ciertos nutrientes, los cuales no estuvieron en forma disponible para las plantas, afectando la producción de materia seca de tubérculos.

#### 4.7. EXTRACCIÓN DE ZINC EN TUBÉRCULOS (g/ha)

Tabla 24. Extracción de zinc en tubérculos (g/ha).

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculada
Bloques	65,53	2	32,76	3,74 ns
Variedades	43,39	1	43,39	4,95 ns
Error (a)	17,53	2	8,76	
Fertilización química	763,63	1	763,63	185,8 **
Variedades x Fertilización química	3,55	1	3,55	0,86 ns
Error (b)	16,45	4	4,11	
Fertilización orgánica	166,07	1	166,07	24,01 **
Variedades x Fertilización orgánica	7,14	1	7,14	1,03 ns
Fertilización química x Fertilización orgánica	2,3	1	2,3	0,33 ns
Variedades x Fertilización orgánica x Fertilización química	6,57	1	6,57	0,95 ns
Error (c)	55,33	8	6,92	
Total	1147,47	23		

Coeficiente de variación: 7,96 %

ns = no significativo, \*\* altamente significativo al 1%, \* significativo al 5%

**Fuente:** Datos de campo 2015

**Elaborado por:** Ing. Rubén Darío Saltos Espín, 2016.

Los resultados obtenidos del análisis de varianza en la variable extracción de zinc en tubérculos (g/ha) expresados en la Tabla 24, determinaron que existe alta significación estadística para fertilización química y fertilización orgánica, mientras que para los demás factores e interacciones no se encontraron significación estadística. Con un coeficiente de variación del 7,96% indicando confiabilidad en los resultados.

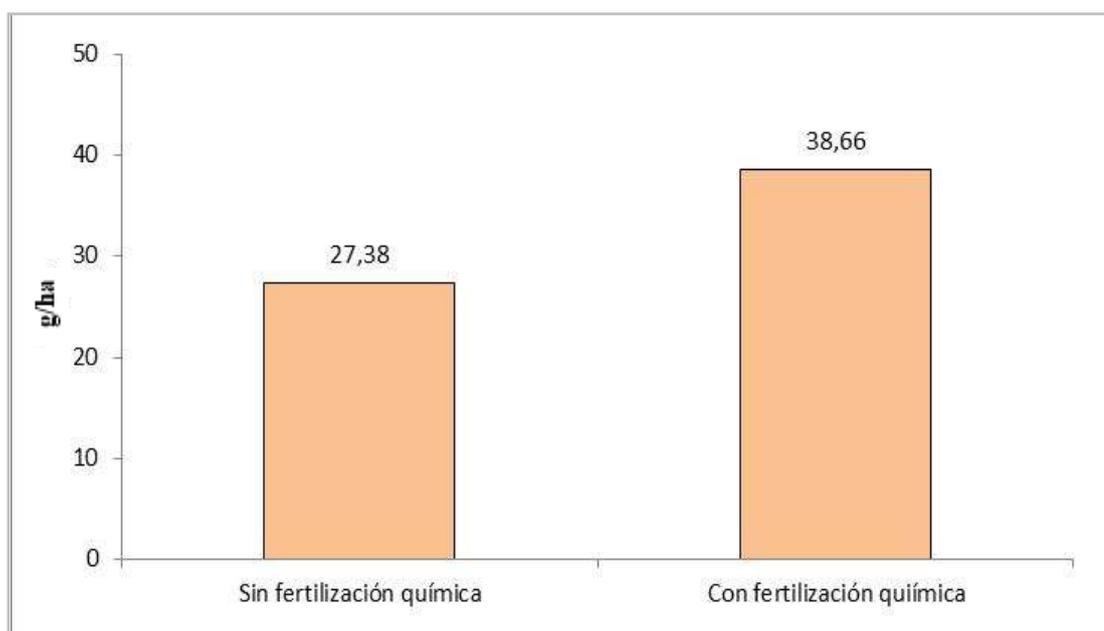
Tabla 25. Resultados de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios de la fertilización química (Factor B), en extracción de zinc en tubérculos (g/ha).

Extracción de zinc en tubérculos		
Código	Descripción	Promedio
B2	Con fertilización química	38,66 A
B1	Sin fertilización química	27,38 B

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

Fuente: Datos de campo 2015

Elaborado por: Ing. Rubén Darío Saltos Espín, 2016.



Elaborado por: Ing. Rubén Darío Saltos Espín, 2016.

Figura 18. Resultado de la fertilización química en la variable extracción de zinc en tubérculos (g/ha).

La respuesta de la fertilización química en cuanto a la variable extracción de zinc en tubérculos (g/ha), fue muy diferente (Tabla 25).

Con la prueba de Tukey al 5% para la aplicación de la fertilización química, se encontró el valor más alto en B2 = (Con fertilización química) con 38,66 g/ha y el más bajo se ubicó en B1 = (Sin fertilización química), con un promedio de 27,38 g/ha de zinc extraído.

En la tabla 25 y figura 18, el tratamiento B2 = (Con fertilización química) extrajo 38,66 gr/ha de zinc en tubérculos resultado alcanzado por el aporte de fertilización química aplicado al suelo los cuales fueron asimilados por el cultivo incrementando la extracción de este nutriente por el cultivo.

- **Fertilización orgánica**

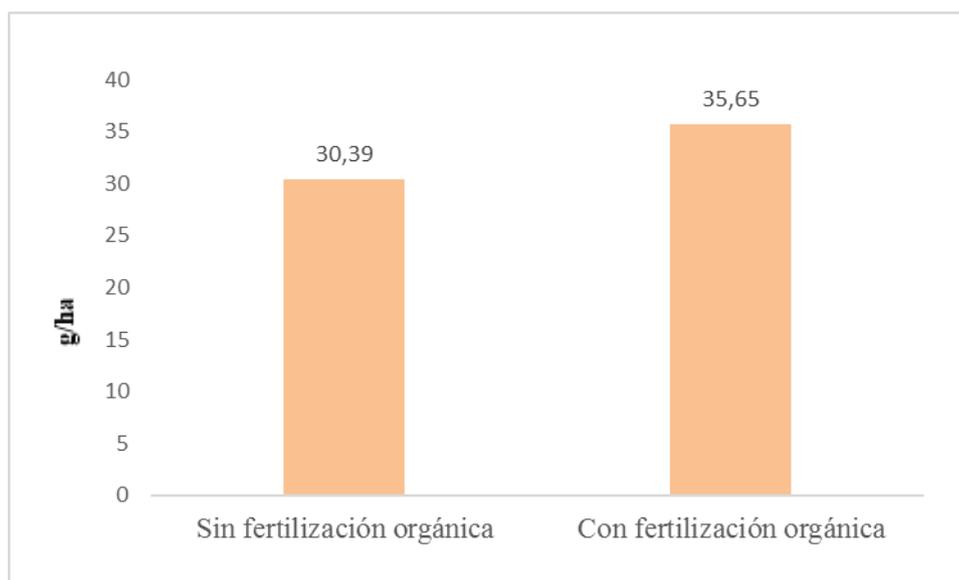
Tabla 26. Resultados de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios la fertilización orgánica (Factor B), en la variable extracción de zinc en tubérculos (g/ha).

Extracción de zinc en tubérculos		
Código	Descripción	Promedio
C2	Con fertilización orgánica	35,65 A
C1	Sin fertilización orgánica	30,39 B

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

Fuente: Datos de campo 2015

Elaborado por: Ing. Rubén Darío Saltos Espín, 2016.



Elaborado por: Ing. Rubén Darío Saltos Espín, 2016.

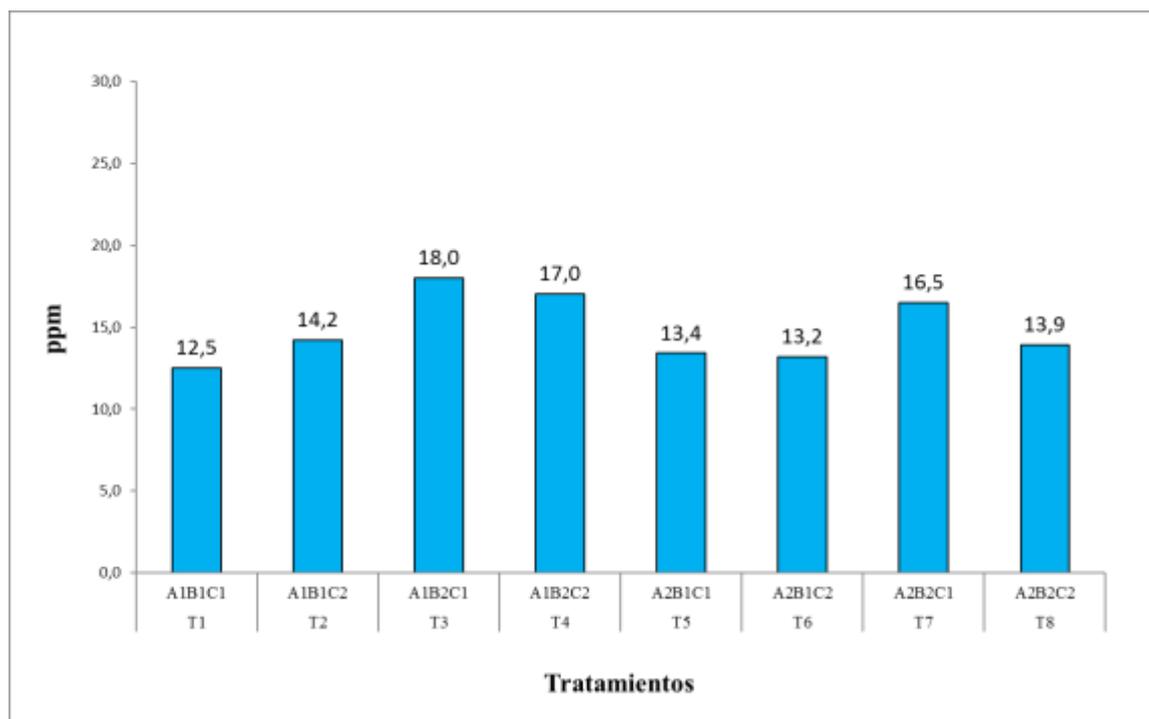
Figura 19. Resultado de la fertilización orgánica en la extracción de zinc en tubérculos (g/ha).

La respuesta de la fertilización orgánica en cuanto a la variable extracción de zinc en tubérculos (g/ha), fue muy diferente (Tabla 26).

Con la prueba de Tukey al 5% para fertilización orgánica, se registró el valor más alto en C2 = (Con fertilización orgánica), con un promedio de 36,65 g/ha y el valor más bajo se ubicó en el C1 = (Sin fertilización orgánica), con 20,39 g/ha.

Con la aplicación del fertilizante orgánico la extracción de zinc en tubérculos se incrementó hasta 35,65 g/ha (Figura 19). El pH alcalino del abono orgánico afectó la asimilación de nutrientes y la concentración de estos en los tubérculos.

#### 4.8. CONCENTRACIÓN DE ZINC EN TUBÉRCULOS (PPM)



**Elaborado por:** Ing. Rubén Darío Saltos Espín, 2016.

*Figura 20.* Efecto de los tratamientos sobre la concentración de zinc en tubérculos (ppm).

En el caso de la Variedad Estela (Figura 20), el mejor tratamiento fue el T3 con una concentración de 18,0 ppm, en la Variedad Victoria el mejor tratamiento fue el T7 con una concentración de 16,5 ppm. Según Bonierbale, M., Burgos, G., Amoros, W., Salas E., (2015), citando al Centro Internacional de la Papa (CIP) indican que existe variabilidad en la concentración de Zn (mg/kg) del germoplasma de la papa que fluctúa entre 8 – 31.

Según Valverde, F., Vélez. R., Alvarado., S. y Kromann., P. (2013). En un estudio de producción convencional se evaluó el efecto de la fertilización con Zinc y Hierro sobre la Concentración en los Tubérculos de Cultivares Nativos y Mejorados de Papa, determinando la concentración de Zn en las variedades de papa: INIAP Natividad (12,35 ppm Zn), Chaucha roja (21,65 ppm Zn), Chaucha amarilla (19,55 ppm Zn), Puca Shungo (14,5 ppm Zn) y, Coneja negra con (17,6 ppm Zn).

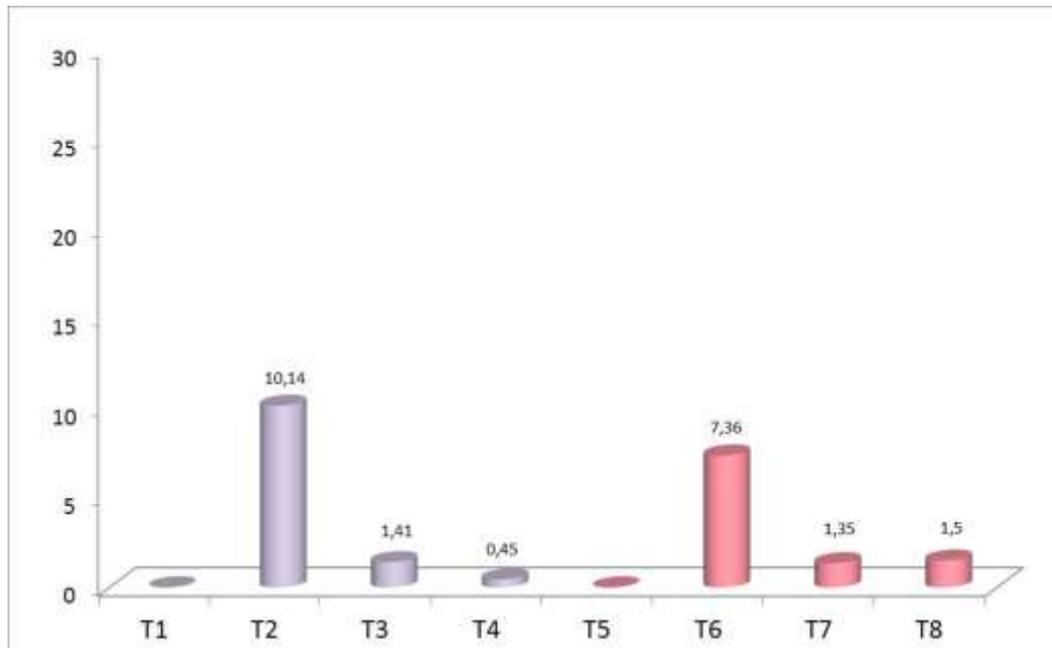
La mezcla de fertilización química más la orgánica a la siembra provocó un efecto negativo sobre la absorción de zinc en el cultivo de papa, debido principalmente al pH alcalino del abono orgánico.

Robson, A.D (1933), señala algunos factores del suelo asociados con la deficiencia de zinc en la planta están:

- Suelos de pH alto, el pH bajo del suelo con bajo contenido de Zn, total o extraíble, suelos ácidos encalados, suelos calcáreos, suelos sódicos, suelos con muy baja o muy alta materia orgánica, suelos arenosos, suelos húmedos o mal drenados y los que tienen concentraciones altas de P disponible afectan a la absorción de zinc. Las plantas son más susceptibles a la deficiencia de Zn en condiciones climáticas adversas y esto resulta de efectos tanto en la planta y el suelo.
- El Zinc se puede añadir al suelo en los fertilizantes, deliberadamente o sin darse cuenta, como un componente de lodo de aguas residuales o como parte de reciclaje normal como vegetal en descomposición o tejido animal. Cualquiera que sea la forma de adición, el zinc tiene que pasar por la fase de solución antes de que pueda reaccionar con el suelo o ser absorbido por las plantas. Sin embargo, es simplista pensar de "zinc" en la solución; debemos pensar en iones de zinc. Por tanto, necesitamos conocer las especies de iones que están presentes y cómo varían con los cambios en las condiciones que se encuentran.
- Sabemos que el zinc reacciona con los óxidos tales como hierro y manganeso, con minerales de arcilla y con la materia orgánica. De otra parte, sabemos que

puede continuar reaccionando durante algún tiempo. Por lo tanto, es razonable postular que el zinc está presente en el suelo en cuatro formas principales: intercambiable, adsorbido (fijado), con destino a la materia orgánica y penetrando en las partículas.

#### 4.9. EFICIENCIA DE ABSORCIÓN DE ZINC (%)



Elaborado por: Ing. Rubén Darío Saltos Espín, 2016.

Figura 21. Efecto de los tratamientos sobre la eficiencia de absorción de zinc (%) para comparar los promedios de los tratamientos.

En general en cuanto a la eficiencia a la absorción de zinc es muy baja, la aplicación de fertilización mineral más la adición de materia orgánica provocó un efecto negativo sobre la absorción de zinc del cultivo principalmente por: pH alto del abono orgánico (Anexo 3), pH ligeramente ácido del suelo donde se desarrolló el estudio (Anexo 2). Los tratamientos T2 (INIAP Estela+ sin fertilización química + con fertilización orgánica) y T6 (INIAP Victoria + sin fertilización química + con fertilización orgánica) presentan una eficiencia de absorción de zinc con valores entre 10,14 y 7,36%. Según Murillo R., Piedra, G., Marín, G. y León, R. (2012), en la mayoría de los sistemas agrícolas, la fertilización de cultivos se realiza aplicando los nutrientes directamente al suelo. La eficiencia de este tipo de fertilización depende tanto de la capacidad de la planta para movilizar

los nutrientes desde las raíces hasta los diferentes órganos y tejidos, como de las condiciones del suelo (pH, disponibilidad de agua, temperatura y contenido de arcillas, entre otros) y de la forma de presentación del fertilizante (en polvo, granulado, líquido, etc.).

#### 4.10. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN Y REGRESIÓN LINEAL

Tabla 27. Análisis de correlación y regresión lineal de las variables independientes (Xs), que tuvieron una significancia estadística con el rendimiento de papa evaluado en t/ha.

Componentes del Rendimiento (variables independientes Xs)	Coefficiente correlación “r”	Coefficiente regresión “b”	Coefficiente de determinación (R <sup>2</sup> ) %
Atura de plantas	0,894	0,462 **	79,94
Número de tallos por planta	0,573	3,224 **	29,82
Número de tubérculos por planta	0,718	0,848 **	51,67
Materia seca de tubérculos t/ha	0,995	4,205 **	99,00
Extracción de zinc en tubérculos g/ha	0,918	0,811**	84,40
Extracción total de zinc g/ha	0,767	0,025 **	58,92

Fuente: Datos de campo 2015

Elaborado por: Ing. Rubén Darío Saltos Espín, 2016.

- **Coefficiente de Correlación (r)**

Correlación es la relación o estrechez positiva o negativa que existe entre dos variables y su valor máximo es + / -1 y no tiene unidades. En esta investigación se calcularon correlaciones positivas altamente significativas para: número de tallos por planta, materia seca de tubérculos, extracción de zinc en tubérculos y finalmente extracción total de zinc. El valor más alto de correlación en esta investigación se dio en materia seca de tubérculos, versus el rendimiento de papas con 0.995 (Tabla 27).

- **Coefficiente de Regresión (b)**

La regresión “b” en su concepto más simple es el incremento o disminución del valor de la variable dependiente (Y), por cada cambio único de la (s) variable (s) independiente (s) (Xs). En este ensayo las variables independientes (Xs) que incrementaron el rendimiento en forma significativa fueron: número de tallos por planta, materia seca de tubérculos, extracción de zinc en tubérculos y finalmente extracción total de zinc, es decir valores más elevados de estas variables, significó un mayor rendimiento de papa.

- **Coefficiente de Determinación ( $R^2$ ).**

El coeficiente de determinación ( $R^2$ ) es un indicador estadístico que refiere en qué porcentaje se incrementó o disminuyó el rendimiento en la variable dependiente (Y) por cada cambio único de la (s) variable (s) independiente (Xs). Mientras más alto es el valor de  $R^2$  hay un mejor ajuste de datos de la línea de regresión lineal,  $Y = a + bx$ .

En esta investigación el 99% de incremento del rendimiento de papa, se debió a un mayor contenido de materia seca de tubérculos (Tabla 27).

#### **4.11. ANÁLISIS ECONÓMICO RELACIÓN BENEFICIO COSTO**

Los beneficios netos totales (\$/ha) muestran que los mejores tratamientos evaluados fueron el tratamiento T3 (INIAP Estela + con fertilización química + Sin fertilización orgánica) con un beneficio de \$7488,<sup>00</sup> /ha; y la relación beneficio/costo fue de 1,74. Esto quiere decir que el productor por cada dólar invertido, tiene una ganancia de \$ 0,74. Seguidamente el tratamiento T7 (INIAP Victoria + con fertilización química + Sin fertilización orgánica) obtuvo un beneficio de \$6864,<sup>00</sup> / ha; y la relación beneficio / costo fue de 1,54. Esto quiere decir que el productor por cada dólar invertido, tiene una ganancia de \$ 0,54. (Tabla 28).

Tabla 28. Análisis Económico, Relación Beneficio / Costo de los tratamientos en estudio.

ACTIVIDAD	DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	TRATAMIENTOS EN ESTUDIO								
					T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	
1. ANÁLISIS DE SUELO	Análisis completo del suelo		1	23,5	23,5	23,5	23,5	23,5	23,5	23,5	23,5	23,5	23,5
2. PREPARACIÓN DEL SUELO	Tractor: Arada	hora	6	12	72	72	72	72	72	72	72	72	72
	Rastra	hora	3	12	36	36	36	36	36	36	36	36	36
	Surcada	hora	3	12	36	36	36	36	36	36	36	36	36
3. VARIEDADES	INIAP ESTELA	kg	1125	0,4	450	450	450	450	0	0	0	0	0
	INIAP VICTORIA (certificada)	kg	1125	0,511	0	0	0	0	574,88	574,88	574,88	574,88	574,88
4. SIEMBRA	Siembra	jornal	10	15	150	150	150	150	150	150	150	150	150
	18-46-00	kg	326,09	0,74	0	0	241,3	241,3	0	0	241,3	241,3	241,3
5. FERTILIZACIÓN	Urea	kg	27	0,56	0	0	15,12	15,12	0	0	15,12	15,12	15,12
	Muriato de potasio	kg	43,17	0,76	0	0	32,81	32,81	0	0	32,81	32,81	32,81
	Sulfato de zinc	kg	113,64	1,12	0	0	127,28	127,28	0	0	127,28	127,28	127,28
	Sulpomag	kg	64,09	0,56	0	0	35,89	35,89	0	0	35,89	35,89	35,89
	Abono orgánico	kg	5000	0,12	0	611,11	0	611,11	0	611,11	0	611,11	611,11
6. LABORES CULTURALES	Rascadillo	jornal	12	8	96	96	96	96	96	96	96	96	96
	Medio aporque	jornal	16	8	128	128	128	128	128	128	128	128	128
	Aporque	jornal	12	8	96	96	96	96	96	96	96	96	96
	Celest	cc	50	0,48	24	24	24	24	24	24	24	24	24
	Acefato 75%	kg	1	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
	Karate	litro	1	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
	Profenofos	litro	1	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
	Fijador	litro	1	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
	Indicate (regulador pH)	litro	0,5	10	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	Aplicación	jornal	4	8	32	32	32	32	32	32	32	32	32
	Cinco controles para lancha (Cymoxanil + mancozeb, propineb, Cymoxanil + propineb, foseñil aluminio, Indicate)	kg	10	22	220	220	220	220	220	220	220	220	220
	Aplicación	jornal	15	15	225	225	225	225	225	225	225	225	225
	8. COSECHA	Cabe y recolección: manual	jornal	50	15	750	750	750	750	750	750	750	750
Saquillos e hilos		Unidad	600	0,2	120	120	120	120	120	120	120	120	120
9. POSCOSECHA	Clasificación y ensacado	jornal	35	15	525	525	525	525	525	525	525	525	525
	Transporte a mercado	saco	600	0,5	300	300	300	300	300	300	300	300	300
<b>10. COSTOS DIRECTOS</b>					<b>3366</b>	<b>3977,11</b>	<b>3818,4</b>	<b>4429,51</b>	<b>3490,88</b>	<b>4101,99</b>	<b>3943,27</b>	<b>4554,38</b>	
11. GASTOS ADMINISTRATIV.					100	100	100	100	100	100	100	100	
12. IMPREVISTOS (2%)					67,32	79,5422	76,3681	88,5902	69,8175	82,0397	78,8654	91,0877	
13. INTERÉS BANCARIO (14%)					274,89	324,797	311,836	361,743	285,088	334,996	322,034	371,941	
<b>14. TOTAL COSTOS INDIRECTO</b>					<b>442,21</b>	<b>504,34</b>	<b>488,204</b>	<b>550,333</b>	<b>454,906</b>	<b>517,035</b>	<b>500,899</b>	<b>563,029</b>	
<b>COSTO TOTAL POR HECTÁREA</b>					<b>3808,21</b>	<b>4481,45</b>	<b>4306,61</b>	<b>4979,84</b>	<b>3945,78</b>	<b>4619,02</b>	<b>4444,17</b>	<b>5117,41</b>	
<b>15. RENDIMIENTOS (qq)</b>					<b>245</b>	<b>310</b>	<b>576</b>	<b>583</b>	<b>275</b>	<b>387</b>	<b>528</b>	<b>511</b>	
<b>16. PRECIO EN DÓLARES POR QUINTAL (usd)</b>					<b>13</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	
<b>17. INGRESOS</b>					<b>3185</b>	<b>4030</b>	<b>7488</b>	<b>7579</b>	<b>3575</b>	<b>5031</b>	<b>6864</b>	<b>6643</b>	
<b>RELACIÓN B/C</b>					<b>0,84</b>	<b>0,90</b>	<b>1,74</b>	<b>1,52</b>	<b>0,91</b>	<b>1,09</b>	<b>1,54</b>	<b>1,30</b>	

Elaborado por: Ing. Rubén Darío Saltos Espín, 2016.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. CONCLUSIONES

Luego de haber realizado los diferentes análisis estadísticos, agronómicos y de laboratorio se concluye lo siguiente:

Existió una respuesta positiva con la aplicación de fertilización química (75 kg de N - 150 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - 20 kg de K<sub>2</sub>O - 30 kg de S y 25 kg de Zn/ha) alcanzando una productividad de 24,98 t/ha.

Con la aplicación de la fertilización orgánica (5 t/ha de Compost) el rendimiento incrementó hasta 20,35 t/ha.

Producto de la interacción de factores aplicación de fertilización química por la orgánica, los tratamientos con el rendimiento más elevado se encontraron en B2C1= (Con fertilización química+ Sin fertilización orgánica) con un promedio de 25,09 t/ha y B2C2 = (Con fertilización química +Con fertilización orgánica) con 24,86 t/ha.

El Tratamiento T4 presentó una concentración de zinc en tubérculos de 17 ppm con la Variedad INIAP Estela. El tratamiento T7 presentó una concentración de zinc de 16,5 ppm en tubérculos en la variedad INIAP Victoria.

En cuanto a la extracción de zinc en tubérculos, con la aplicación de fertilización química, el valor más alto estuvo en B2 con 38,66 g/ha y el más bajo se ubicó en B1 con un promedio de 27,38 g/ha de zinc extraído. Con la fertilización orgánica (Compost) aplicado al suelo al momento de la siembra se obtuvo un promedio de 36,65 g/ha y el valor más bajo se ubicó en el B1 (Sin fertilización orgánica), con 20,39 g/ha. No se halló significación estadística para interacción de fertilización química y orgánica en la extracción de zinc en tubérculos g/ha.

La aplicación de la fertilización orgánica tuvo un efecto positivo en cuanto a eficiencia de absorción de zinc con valores para INIAP Estela con 10,14% en el tratamiento T2 y en la variedad INIAP Victoria tratamiento T6 con 7,36%.

De acuerdo al análisis económico el mejor tratamiento fue el T3 con un beneficio de \$7488,<sup>00</sup> / ha; y la relación beneficio/costo fue de 1,74; con un retorno por cada dólar invertido de \$ 0,74 como ganancia; seguido por el tratamiento T7 con un beneficio de \$6864,<sup>00</sup> /ha y la relación beneficio/costo de 1,54. La adquisición de materia orgánica elevó los costos de producción.

Entre los factores que afectaron el rendimiento fueron: pH alto del abono orgánico 9,3 y el pH ligeramente ácido del suelo 6,3 donde se desarrolló el cultivo. Los componentes que contribuyeron positivamente sobre el rendimiento de papa fueron: número de tallos por planta, altura de plantas, materia seca de tubérculos, extracción de zinc en tubérculos y extracción total de zinc en tubérculos.

## 5.2. RECOMENDACIONES

De acuerdo con los resultados y conclusiones obtenidas en esta investigación se recomienda:

- En función del análisis de suelos aplicar el 50 % de la fertilización química recomendada (75 kg de N - 150 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - 20 kg de K<sub>2</sub>O - 30 kg de S) más la adición de 5 t/ha en buen grado de descomposición o madurez a la siembra en la zona agroecológica de Suruguyo.
- Continuar con los procesos de investigación para determinar dosis óptima económica (DOE) y dosis óptima fisiológica (DOF) en cuanto a fertilización mineral a base de zinc más la adición de abonos orgánicos (sólidos y líquidos) para el mejoramiento de la productividad y calidad nutricional del cultivo de papa en varias localidades de la provincia Bolívar.
- Realizar procesos de transferencia de tecnología y capacitación en la elaboración de abonos orgánicos con materiales locales.
- Realizar investigaciones futuras en diferentes cultivos del Ecuador desde la perspectiva de la biofortificación agronómica.

## **CAPÍTULO VI**

### **PROPUESTA**

#### **6.1. TÍTULO**

Utilización de la fertilización orgánica y mineral para mejoramiento de la productividad y contenido de zinc de los tubérculos de papa (*Solanum tuberosum* L.) en la zona agroecológica del sector Surugwayo de la Provincia Bolívar.

#### **6.2. FUNDAMENTACIÓN**

De acuerdo a Benítez, J. (2003), la papa constituye el rubro más importante de la sierra ecuatoriana, principalmente como fuente de alimentación, pero también de ingresos económicos. En el Ecuador, la papa junto con el arroz, constituyen los productos básicos de mayor consumo en la alimentación de las familias y se estima que aquellas especialmente de bajos ingresos, dedican alrededor del 10% de sus recursos a la compra del tubérculo. Además, la papa cuenta con una mayor gama de variedades en su utilización y es, quizás, el producto que mayores formas de consumo ofrece desde el consumo directo hasta el industrializado

Según Herrera *et al*, (1999), el Ecuador enfrenta serios problemas relacionados con la nutrición y alimentación, los cuales son más severos en la población infantil menor a 5 años. El alto consumo de papa en la región andina del país y su bajo contenido de minerales como hierro y zinc no favorece la nutrición de las personas que lo consumen.

En Ecuador se han llevado a cabo varios estudios para mejorar la concentración de hierro y zinc en los tubérculos de papa con resultados prometedores desde la perspectiva de la agricultura convencional. Sin embargo, el enfoque moderno de la agricultura reconoce la necesidad de desarrollar nuevos modelos que articulen una agricultura amigable con el ambiente y que considere la nutrición, la salud humana y la generación de ingresos de los productores, tomando en cuenta las preferencias del consumidor y la rentabilidad del productor.

En la Provincia Bolívar, se estima una superficie cultivada de 3.500 ha, especialmente en los cantones de Guaranda, Chimbo, San Miguel y Chillanes. Los rendimientos promedios obtenidos a nivel de nuestra provincia están entre 7.5 a 11.2 Tm/ha (Monar, C. 2006).

El incremento en la productividad de la papa mejorando sus características nutricionales (ppm de zn y fe) permitirá que este alimento sea una fuente complementaria de nutrientes esenciales dentro de la dieta humana. La adición de materia orgánica incrementa el rendimiento y la concentración mineral de nutrientes esenciales en los tubérculos. Sin embargo, la calidad del compost debe estar ligado a un proceso responsable del compostaje, caso contrario el material resultante no reúne las características deseables de un abono orgánico.

### **6.3. OBJETIVO GENERAL**

Aplicar fertilización orgánica y mineral para mejoramiento de la productividad y contenido de zinc de los tubérculos de papa en la zona agroecológica del sector Surugwayo de la Provincia Bolívar.

### **6.4. JUSTIFICACIÓN**

En muchos países, la deficiencia de zinc y hierro no se reconoce o se le da poca importancia, y no es atendida. En el Ecuador se ha realizado varias investigaciones sobre biofortificación química, pero existe escasa información en relación a tecnologías agroecológicas que contribuyan al mejoramiento de la calidad nutricional y productividad del cultivo de papa para variedades mejoradas con rendimientos superiores a 40 t/ha.

Los suelos del Ecuador donde se cultiva papa las concentraciones de Zn tienden de medias 2-7 ppm a bajas < 2 ppm. Por lo tanto, la aplicación de fertilizantes químicos y/o orgánicos que contienen micronutrientes esenciales debe ser investigadas. El incremento de micronutrientes en los tubérculos de papa contribuirá en la mejora de las características nutricionales pues permitirá que este alimento al elevar su contenido de zinc sea un aporte en la nutrición humana.

La deficiencia de micronutrientes en un cultivo disminuye su rendimiento, producción y aporte nutricional en la alimentación de las poblaciones, es así que el enfoque moderno de la agricultura reconoce la necesidad de desarrollar nuevos modelos que articulen una agricultura amigable con el ambiente y que considere la nutrición, la salud humana y la generación de ingresos de los productores lo cual justifica la presente investigación

## **6.5. IMPLEMENTACIÓN Y PLAN DE ACCIÓN**

### **6.5.1 Preparación del suelo y labores culturales**

La preparación del suelo se hará mecánicamente, mediante una labor de arada y rastrada.

### **6.5.2 Surcado y siembra**

Se realizará a una profundidad de 0.30 m y separados entre surcos a una distancia de 1.00 m. Se sembrarán dos tubérculos semilla por sitio, la semilla previamente debe estar desinfectada con Celest a razón de 2,5 cc/l de agua. El tape se efectuará en forma manual con azadón.

### **6.5.3 Fertilización mineral y orgánica**

En cuanto a la fertilización mineral aplicar por hectárea 75 kg de N - 150 kg de  $P_2O_5$  - 20 kg de  $K_2O$  - 30 kg de S al momento de la siembra más la adición de 5 t/ha de Compost en buen grado de descomposición o madurez a la siembra. El Nitrógeno se aplicará dividiéndolo en dos partes, 50% al momento de la siembra y el resto a los 45 días aproximadamente después de la siembra. Los otros elementos nutricionales (Fósforo, Potasio y Azufre), se aplicarán en su totalidad al momento de la siembra.

### **6.5.4 Medio Aporque y Aporque**

El medio aporque consistirá en remover superficialmente el suelo y permitir que el suelo se airee. Esta labor se realizará a los 45 días después de la siembra, incorporando la fertilización complementaria es decir el 50% de N faltante, colocado en banda lateral a 10 cm. de las plantas, cubierta con una capa de suelo.

Esta labor se realizará en forma manual con azadón. La labor de aporque se realizará a los 90 días con la finalidad de dar mayor sostén a la planta, aflojar la tierra para la aireación, tapar las raicillas, para favorecer la tuberización y conservar la humedad.

#### **6.5.5 Riego**

Si el suelo no está en capacidad de campo, antes de la siembra realizar un riego, los riegos posteriores se harán de acuerdo a la necesidad del cultivo, mediante riego gravitacional por surcos.

#### **6.5.6 Controles Fitosanitarios**

El control de plagas se realizará periódicamente de acuerdo a las necesidades del cultivo. Las principales plagas que se controlaran serán: Gusano Blanco (*Premnotrypes vorax*), se realizarán 30 días antes de la siembra en suelo preparado hasta cuando el cultivo emerja, con la colocación de trampas, que consistirán en follaje fumigado con Acefato a razón de 2 g/l de agua. Para Pulguilla (*Epitrix spp*), se aplicará Profenofos 2,5 cc/l de agua.

En cuanto al control de enfermedades como “Lancha” (*Phytophthora infestans*), alternaria (*Alternaria solani*), estas serán preventivos y curativos, para los que se utilizarán los siguientes ingredientes activos: Mancozeb 75 g/20 l de agua, Cimoxanil + Mancozeb 50 g/20 l de agua, Dimetomorf + Mancozeb 75 g/20 l de agua).

#### **6.5.7 Control de Malezas**

Se realizará en forma manual con la ayuda de azadón a los 30 días después de la siembra del ensayo y en el aporque.

#### **6.5.8 Cosecha**

La cosecha se realizará en forma manual cuando el cultivo alcance su madurez fisiológica (senescencia).

## BIBLIOGRAFÍA

1. Acción Nutrición. 2013. Salud. Una estrategia hacia la Desnutrición Cero. Disponible en: <http://curso2013ealaury.blogspot.com/p/blog-page.html>
2. Aguirre, A. 2014. La investigación bibliográfica. Disponible en: <http://www.slideshare.net/mariajosevaldivia/protocolo-de-trabajos-de-investigacin-bibliogrifica> 10.03.2014
3. Alarcón, E. 1995. Caracterización taxonómica y bioquímica de la colección ecuatoriana de papa, subgrupo precoces. Tesis de ingeniero agrónomo. Universidad central del Ecuador. Facultad de ciencias agrícolas. Quito - Ecuador. p.126.
4. Alonso, J. 2014. Mapeo de zinc y hierro en suelos ecuatorianos para la focalización de áreas potenciales para la biofortificación agronómica de la papa. Disponible en: <http://redepapa.org/2013/11/26/la-biofortificacion-en-el-cultivo-de-lapapa/#more-3074>
5. Andrade, H. 1991. Labores de siembra, cultivo y cosecha. En FUNDAGRO- Aspectos tecnológicos del cultivo de papa. Quito-Ecuador. pp.81-88.
6. Andrade, H. 1997. Manual de la papa. INIAP/FORTIPAPA. Quito-Ecuador. pp. 2-20.
7. Arias, J., Santamaría, E, 2007. Evaluación y selección de doce clones de papa (*Solanum tuberosum* L.) en las condiciones agro-ecológicas de la ciudad de Ibarra, sector la victoria”. Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario. PUCE. Pág. 25.
8. Asnatura. 2014. Biodisponibilidad de nutrientes. Disponible en: [www.asturnatura.com](http://www.asturnatura.com) › ... › fundamentos de nutrición (10.03.2014)
9. Benítez, J. 2003. Alternativas de comercialización de papa y cebolla colorada. Quito- Ecuador, Print & Promo. Pág.77
10. Beukema, H., Van Der Zaag, D. 1999. Potato Improvement, Some factors and facts wage ningen P.B. International Agricultural Centre. pp. 109-133.

11. Bonierbale, M., Burgos, G., Amoros, W., Salas E. 2015. Oportunidades de fortalecimiento de micronutrientes en papa. Disponible en: [http://minagri.gob.pe/...papa/.../12\\_gaby\\_paho\\_gabriela\\_burgos\\_wamoros.ppt](http://minagri.gob.pe/...papa/.../12_gaby_paho_gabriela_burgos_wamoros.ppt)
12. Buena Salud. 2016. Nutrientes de la papa. Disponible en: <http://www.buenasalud.net/2011/04/26/nutrientes-de-la-papa.html>
13. Blasco, B. 2015. Biofortificación: beneficios potenciales para los cultivos y la salud humana. Disponible en: <http://aeafa-agronutrientes.org/la-biofortificacion>
14. Cakmak, I. 2008. El enriquecimiento de los granos de cereales con zinc: Agronómica o biofortificación genética. Disponible en: <http://r4d.dfid.gov.uk/Output/183047/> (10.03.2014)
15. Cantarero, R., y Martínez, O., 2002. Evaluación de tres tipos de fertilizantes gallinaza, estiércol vacuno, y un fertilizante mineral en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) Variedad NB -6. Universidad Nacional Agraria. Facultad de Agronomía. Managua - Nicaragua. Disponible en: <http://repositorio.una.edu.ni/1853/1/tnf04c229.pdf>
16. Chang, G. 1991. Fundación para el Desarrollo Agropecuario Fundagro. Aspectos tecnológicos del cultivo de la papa. Proyecto Kellogg-papa. Quito- Ecuador. Centro editorial de la Fundación “Simón Bolívar”. P.81-83.
17. CIP. 2005. Procedures for standard evaluation trials of advanced potato clones. Lima- Perú, p.83.
18. CIP. 2009. Papa, Madre, historia una exposición fotográfica. Disponible en: [https://books.google.com.ec/books?id=JsK4dlaxBUcC&pg=PA10&dq=La+papa+madre&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiBzvPNrq\\_LAhXLKx4KHWGFAGkQ6AEIGzAA#v=onepage&q=La%20papa%20madre&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=JsK4dlaxBUcC&pg=PA10&dq=La+papa+madre&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiBzvPNrq_LAhXLKx4KHWGFAGkQ6AEIGzAA#v=onepage&q=La%20papa%20madre&f=false)
19. Constitución de la República del Ecuador. 2008. Soberanía Alimentaria. Literal 3 y 8. Disponible en: [http://www.asambleanacional.gov.ec/documentos/constitucion\\_de\\_bolsillo.pdf](http://www.asambleanacional.gov.ec/documentos/constitucion_de_bolsillo.pdf)
20. Devaux, A., Ordinola, M., Hibon, A. y Flores, R. 2010. El sector papa en la región andina. Diagnóstico y elementos para una visión estratégica Bolivia, Ecuador

- y Perú. Disponible en: <http://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/08/005363.pdf>
21. Egúsqüiza, B. 2000. La papa producción, transformación y comercialización. Prisma Proyecto PRODECCE. Proyecto papa Andina (CIP-COSUDE) p.192.
  22. FAO. 2005. Arroz Biofortificación: Generalidades y Estrategias. Disponible en: <http://agr.unne.edu.ar/fao/Cuba-8pt/P1%20Arroz%20Biofortificacion.pdf>
  23. Federación Colombiana de Productores de Papa. 2013. Potenciales aportes de la innovación en papa. Disponible en: <http://cipotato.org/wp-content/uploads/2013/08/soloarticulo.pdf>
  24. García, F. y González, M. 2013. La nutrición de suelos y cultivos y el balance de nutrientes: ¿Cómo estamos? Disponible en: [http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/6E55A4956F44419585257B3400548C6E/\\$FILE/2.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/6E55A4956F44419585257B3400548C6E/$FILE/2.pdf)
  25. Gavilanes, L. 2015. Efecto de la fertilización foliar y edáfica con hierro y zinc para la biofortificación agronómica del tubérculo de papa (*Solanum tuberosum* L.). Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero Agrónomo, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4265/1/13T0809%20GAVILANES%20FERNANDEZ%20LILIAN%20ISABEL.pdf>
  26. Grandy, G., Weisstaub, G. y López, D. 2014. Deficiencia de hierro y zinc en niños. Disponible en: <http://www.ops.org.bo/textocompleto/rnsbp10490105.pdf>
  27. Gross, M. 2014. Conozca 3 tipos de investigación: Descriptiva, Exploratoria y Explicativa. Disponible en: <http://manuelgross.bligoo.com/conozca-3-tipos-de-investigacion-descriptiva-exploratoria-y-explicativa> 10. 03.2014
  28. Guáitara, D. 2012. Hábitos alimentarios en niños y niñas de 12 a 60 meses de edad de los centros infantiles del buen vivir de la parroquia Conocoto- DMQ y su relación con el estado nutricional en el primer semestre de 2011. Disertación de grado previa a la obtención del título de licenciada en nutrición

- humana. PUCE. Disponible en:  
<http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/7501/8.29.001115.pdf?sequence=4>
29. Herrera, M., Carpió, I., Chávez, G. 1999. Estudio Sobre el Subsector de la Papa en el Ecuador. INIAP-PNRT. Quito, Ecuador. 140 p.
30. Hernández, R. 2002. Nutrición mineral de plantas. Disponible en:  
<http://www.forest.ula.ve/~rubenhg/nutricionmineral/#cinc>
31. Hernández, R., Collado, C., y, Baptista, P. 1997. Metodología de la Investigación. Disponible en: <http://www.dgsc.go.cr/dgsc/documentos/cecaedes/metodologia-de-la-investigacion.pdf>
32. Hotz, C. 2010. El potencial para mejorar el estado de zinc a través biofortificación de cultivos de alimentos básicos con zinc. Disponible en:  
[http://fnb.sagepub.com/content/30/1\\_suppl1/S172.full.pdf](http://fnb.sagepub.com/content/30/1_suppl1/S172.full.pdf)
33. INIAP. 2002. Revista técnica informativa. No 16, Quito- Ecuador. p. 31.
34. INIAP. 1994. Revista Informativa N°. 4. Quito-Ecuador. p. 12.
35. INTA. 2015. Movilidad del Fósforo en el Suelo. Disponible en:  
<http://www.fertilizando.com/articulos/Movilidad%20del%20Fosforo%20e>
36. International Zinc Association, IZA. 2003. Zinc guide. Disponible en:  
<http://www.vnzinc.es/zinc-y-el-ambiente/el-zinc-y-la-vida.html>
37. Kromann, P., Montesdeoca, F., Valverde, F., Alvarado Ochoa, Soraya, P. 2012. Efecto de la fertilización foliar y edáfica con hierro y zinc para la biofortificación agronómica del tubérculo de papa (*Solanum tuberosum* L.) bajo invernadero. Quito, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Departamento de Manejo de Suelos y Aguas. Disponible en:  
<http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/1059>
38. Levin, R., y Rubin, D. 1996. Conceptos preliminares de estadísticas. Disponible en: <http://www.uaca.ac.cr/bv/ebooks/estadistica/9.pdf> 10.03.2014
39. Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria. 2009. Investigación, asistencia técnica y diálogo de saberes. Disponible en:  
<http://www.wipo.int/edocs/lexdocs/laws/es/ec/ec046es.pdf>

40. López, C. y Bayona, R. 1987. Biblioteca Práctica Agrícola y Ganadería. Los Fundamentos de la Agricultura. Tomo I. Barcelona-España. p. 222.
41. López-Bellido J. 2014. Biofortificación agronómica de los cultivos: el caso del selenio en España. Disponible en: [http://www.eumedia.es/portales/files/documentos/cultivos\\_selenio\\_VR374.pdf](http://www.eumedia.es/portales/files/documentos/cultivos_selenio_VR374.pdf) 10.03.2014
42. López, J., Poblaciones, J., Rodrigo, S., López, L. 2014. Biofortificación agronómica de los cultivos: el caso del selenio en España. Disponible en: <http://www.innovagri.es/nutricion-del-cultivo/biofortificacion-agronomica.html>
43. Martínez, Y., Juárez, H., Raymundo, R., Alvarado, S., Valverde, F., Andrade, J., Kromann, P., Ordinola, M. y Devaux, A. 2013. Mapeo de zinc y hierro en suelos ecuatorianos para la focalización de áreas potenciales para la biofortificación agronómica del cultivo de la papa. Disponible en: [http://192.156.137.121:8080/cipotato/region-quito/congresos/v-congreso-ecuatoriano-de-la-papa/jessica\\_martinez.pdf](http://192.156.137.121:8080/cipotato/region-quito/congresos/v-congreso-ecuatoriano-de-la-papa/jessica_martinez.pdf)
44. Méndez, P. 2010. Plantación de papa y efecto de tallos en la producción. INIA Carillanca. Disponible en: <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR36480.pdf>
45. Montesdeoca, F. 2005. Guía para la producción, comercialización y uso de semilla de papa de calidad. Primera edición. PNTR-INIAP-Proyecto Fortipapa, p. 9.
46. Monar, C. 2006. Informe anual de actividades. Noroeste de Bolívar (PI\_NEB) INIAP\_ FEPP: Guaranda- Ecuador, 33p.
47. Murillo R., Piedra, G., Marín, G. y León, R. 2012. Absorción de nutrientes a través de la hoja. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/download/articulo/4945327.pdf>
48. Pachón, H. 2008. Biofortificación de cultivos básicos, Estrategia para mejorar la nutrición humana. CIAT. Disponible en: [http://issuu.com/ecuador.nutrinet.org/docs/memorias\\_seminario\\_micronutrientes\\_ecuador\\_08](http://issuu.com/ecuador.nutrinet.org/docs/memorias_seminario_micronutrientes_ecuador_08)

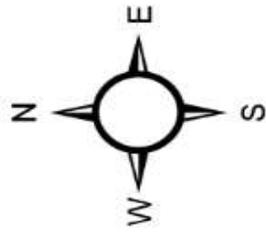
49. Pisuña, J. 2015. Biofortificación agronómica de la papa (*Solanum tuberosum* L.) mediante la aplicación de zinc (zn) al suelo y follaje. tesis de grado previa a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo. UCE. Disponible en: [www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/3237](http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/3237)
50. Pozo, M. 1997. Tuberización, tamaño de la semilla y corte de tubérculos. In “Producción de tubérculos-semilla de papa”. Centro Internacional de la Papa. Manual de capacitación. Fascículo 5-2.3. Lima-Perú. p. 8.
51. Pumisacho, M. y Sherwood, S. 2002. El Cultivo de la Papa en el Ecuador. INIAP y CIP, Quito – Ecuador. pp, 24,55, 68.
52. Red Electrónica de la Papa. 2013. La biofortificación en el cultivo de la papa Disponible en: <http://redepapa.org/2013/11/26/la-biofortificacion-en-el-cultivo-de-la-papa/> 10.03.2014
53. Red Escolar Nacional. 2014. Investigación de campo. Disponible en: <http://www.rena.edu.ve/cuartaEtapa/metodologia/HT4a.html> (10.03.2014)
54. Sampieri, R., Collado, C. y Baptista, M. 2014. El enfoque cuantitativo y cualitativo. Disponible en: [http://www.academia.edu/6399195/Metodologia\\_de\\_la\\_investigacion\\_5ta\\_Edicion\\_Sampieri](http://www.academia.edu/6399195/Metodologia_de_la_investigacion_5ta_Edicion_Sampieri)
55. Robson, A.D. 1933. Zinc in Soils and Plants. Disponible en: <http://link.springer.com/book/10.1007%2F978-94-011-0878-2>
56. Saltos, R. 2010. Efecto de la fertilización Química y Orgánica sobre el rendimiento y calidad de papa nativa Dolores (*Solanum tuberosum* L.) en la comunidad de Marcopamba, provincia de Bolívar. Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al Título de Ing. Agr. Universidad Estatal de Bolívar, Facultad de Ciencias Agropecuarias. p. 45, 56, 118.
57. Soto, G. 2004. Liberación de nutrimentos de los abonos orgánicos. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Disponible en: <http://gabisoto@catie.ac.cr>
58. Torres, L., Cuesta, X., Monteros, C. y Rivadeneira, J. 2011. Variedades. Centro Internacional de la Papa (CIP), Quito, Ecuador. Instituto Nacional Autónomo

de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Quito, Ecuador Actualizado. Consultado el 11/11/2014. Disponible en: <http://192.156.137.121:8080/cipotato/region-quito/informacion/inventario-de-tecnologias/variedades>

59. Valverde, F., Vélez, R., Alvarado, S. y Kromann, P. 2013. Efecto de la fertilización de zinc y hierro sobre la Concentración en los tubérculos de cultivares nativos y Mejorados de papa. Disponible en: [http://192.156.137.121:8080/cipotato/region-quito/congresos/v-congreso-ecuatoriano-de-la-papa/franklin\\_valverde.pdf](http://192.156.137.121:8080/cipotato/region-quito/congresos/v-congreso-ecuatoriano-de-la-papa/franklin_valverde.pdf)
60. Valverde, F. Vélez. R., Alvarado. S. y Kromann., P. 2013 efecto de la fertilización con Zinc y Hierro sobre la Concentración en los Tubérculos de Cultivares Nativos y Mejorados de Papa. Disponible en [http://192.156.137.121:8080/cipotato/region-quito/congresos/v-congreso-ecuatoriano-de-la-papa/franklin\\_valverde.pdf](http://192.156.137.121:8080/cipotato/region-quito/congresos/v-congreso-ecuatoriano-de-la-papa/franklin_valverde.pdf)
61. Vásquez, W. 1996. Labores culturales para la producción de tubérculos-semilla de papa de buena calidad. En curso de capacitación. INIAP/FORTIPAPA. EESC. pp. 2-20. Quito-Ecuador.
62. Vélez, A. 2013. Efecto de la fertilización foliar y edáfica con hierro y zinc para la biofortificación agronómica del tubérculo de papa (*Solanum tuberosum* L.) bajo invernadero. Cutuglagua, Pichincha. Tesis de grado previa a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas Carrera de Ingeniería Agronómica. Disponible en: [www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/2036](http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/2036)
63. Wiersema, S.G. 1987. Efecto de la densidad de tallos en la producción de papa. Tercera edición, revisada. Lima, Centro Internacional de la Papa, 1987. 16 pp. Boletín de Información Técnico 1. Disponible en: [http://pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/PNABD590.pdf](http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNABD590.pdf)

# **ANEXOS**

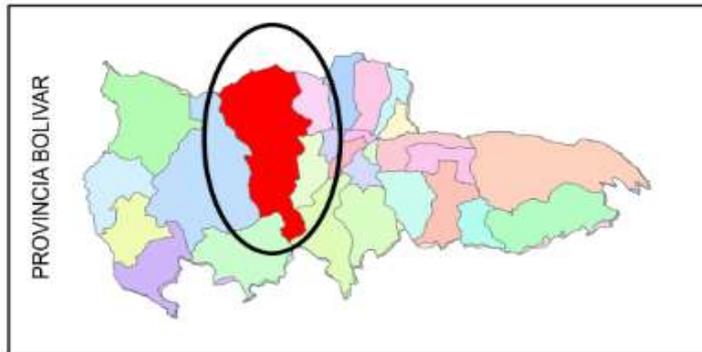
Anexo 1. Ubicación del ensayo



PARROQUIA GUANUJO



UBICACIÓN DEL ENSAYO





Anexo 3. Reporte de análisis abono orgánico



ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA  
DE SUELOS, PLANTAS Y AGUAS  
Km 1, Panamericana Sur, Apdo. ... 17-01-340  
Telf. -Fax 3007284  
QUITO - ECUADOR

**NOMBRE DEL PROPIETARIO:** Darío Salto  
**NOMBRE DEL REMITENTE:**  
**NOMBRE DE LA GRANJA:**  
**LOCALIZACIÓN**

**FECHA DE MUESTREO :** 25/02/2015  
**FECHA INGRESO AL LABORATORIO:** 03/03/2015  
**FECHA DE SALIDA DE RESULTADOS:** 18/03/2015

Guaranda CANTÓN Bolívar PROVINCIA  
PARROQUIA

**INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS DE ABONOS ORGÁNICOS**

No. Laboratorio.	Identificación	pH	R		N TOTAL	P	K	Ca	g/100g. (%)			mg/kg (ppm)				
			C/N	dS/m					Mg	S	M.O	B	Zn	Cu	Fe	Mn
874	Muestra 1	9.59	9.93	7.64	1.48	0.50	2.65	3.46	0.49	0.18	27.8	48.0	234.8	69.1	11090.0	521.2

**METODOLOGÍA USADA:**

pH y CE: 20%  
Materia Orgánica por CALCINACIÓN

C.E. = Conductividad eléctrica dS/m = decisiemens/metro  
M.O. = Materia orgánica

*[Firma]*  
LABORATORISTA

*[Firma]*  
RESPONSABLE LABORATORIO





Anexo 6. Registro fotográfico

 <p>Siembra del ensayo</p>	 <p>Crecimiento y desarrollo del cultivo</p>
 <p>Toma de datos: altura de planta</p>	 <p>T5 (INIAP-Victoria + Sin fertilización química + Sin fertilización orgánica)</p>
 <p>Evaluación de rendimiento</p>	

**Anexo 7.** Tabla de datos.

VAR	FER. Q	FER. O	BLOQUES	Altura de plantas	Número de tallos por planta	Número de tubérculos por planta	Rrto. Total t/ha	Contenido de Materia seca	Materia seca de tubérculos t/ha	Ppm zinc tubérculos	Extracción total tubérculos g/ha	% MS follaje	ppm zinc follaje	peso de la muestra seca	Kg/ha de follaje	Zn/gr/follaje/ha	Extracción total
1	1	1	1	43,67	6,00	9,67	10,33	26,71	2,76	12,50	22,08	10,23	115,00	37,45	1498,00	172,27	194,35
<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	1	57,67	7,00	15,22	13,89	27,77	3,86	14,20	27,16	9,33	105,30	59,80	2392,00	251,88	279,04
1	2	1	1	68,00	8,33	14,67	27,22	24,32	6,62	18,00	36,78	10,53	225,30	70,70	2828,00	637,15	673,93
1	2	2	1	78,83	8,33	21,33	24,44	25,68	6,28	17,00	36,93	9,22	104,70	64,90	2596,00	271,80	308,73
2	1	1	1	50,00	8,33	7,67	11,67	26,91	3,14	13,40	23,43	11,03	113,50	33,70	1348,00	153,00	176,43
2	1	2	1	46,25	7,67	9,67	15,28	24,85	3,80	13,20	28,76	9,11	135,20	38,00	1520,00	205,50	234,27
2	2	1	1	70,67	7,67	23,33	21,11	25,65	5,42	16,50	32,82	11,35	218,50	60,00	2400,00	524,40	557,22
2	2	2	1	70,17	9,00	20,67	22,50	25,10	5,65	13,90	40,63	9,03	203,40	64,40	2576,00	523,96	564,59
1	1	1	2	56,00	7,67	19,22	11,94	26,71	3,19	12,50	25,52	10,23	115,00	37,45	1498,00	172,27	197,79
<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	2	57,67	7,00	15,33	14,44	27,77	4,01	14,20	28,25	9,33	105,30	59,80	2392,00	251,88	280,13
1	2	1	2	80,83	9,33	22,00	25,83	24,32	6,28	18,00	34,90	10,53	225,30	70,70	2828,00	637,15	672,05
1	2	2	2	73,67	8,67	20,33	25,00	25,68	6,42	17,00	37,77	9,22	104,70	64,90	2596,00	271,80	309,57
2	1	1	2	51,83	6,67	14,00	12,50	26,91	3,36	13,40	25,10	11,03	113,50	33,70	1348,00	153,00	178,10
2	1	2	2	51,50	8,00	11,33	16,67	24,85	4,14	13,20	31,38	9,11	135,20	38,00	1520,00	205,50	236,88
2	2	1	2	72,00	9,33	22,67	24,44	25,65	6,27	16,50	38,00	11,35	218,50	60,00	2400,00	524,40	562,40
2	2	2	2	73,33	8,33	24,33	23,33	25,10	5,86	13,90	42,13	9,03	203,40	64,40	2576,00	523,96	566,09
1	1	1	3	51,83	10,00	14,33	11,11	26,71	2,97	12,50	23,74	10,23	115,00	37,45	1498,00	172,27	196,01

<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	3	53,17	7,00	18,67	13,89	27,77	3,86	14,20	27,16	9,33	105,30	59,80	2392,00	251,88	279,04
1	2	1	3	82,50	10,00	18,67	25,56	24,32	6,22	18,00	34,53	10,53	225,30	70,70	2828,00	637,15	671,68
1	2	2	3	73,67	8,33	25,67	30,00	25,68	7,70	17,00	45,32	9,22	104,70	64,90	2596,00	271,80	317,12
2	1	1	3	46,50	7,67	14,33	13,33	26,91	3,59	13,40	26,78	11,03	113,50	33,70	1348,00	153,00	179,77
2	1	2	3	58,00	10,00	12,67	20,83	24,85	5,18	13,20	39,22	9,11	135,20	38,00	1520,00	205,50	244,72
2	2	1	3	72,33	9,33	25,33	26,39	25,65	6,77	16,50	41,02	11,35	218,50	60,00	2400,00	524,40	565,42
2	2	2	3	70,00	9,33	21,67	23,89	25,10	6,00	13,90	43,14	9,03	203,40	64,40	2576,00	523,96	567,10

