

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES CARRERA DE DESARROLLO INTEGRAL AGROPECUARIO

Tema: “Alternativas de fertilización para el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) con el empleo de Microorganismos solubilizadores de fósforo, Micorrizas y Extracto de algas en la Finca San Francisco Cantón Huaca.”

Trabajo de titulación previa la obtención del
título de Ingeniero en Desarrollo Integral Agropecuario

AUTOR (a): John Alex Chulde Minda

TUTOR (a): Ing. Ramiro Mora MSc.

TULCÁN – ECUADOR

2019

CERTIFICADO JURADO EXAMINADOR

Certificamos que el/la estudiante John Alex Chulde Minda con el número de cédula 0401843396 han elaborado el trabajo de titulación: “Alternativas de fertilización para el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) con el empleo de Microorganismos solubilizadores de fósforo, Micorrizas y Extracto de algas en la Finca San Francisco Cantón Huaca”

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuesta en el Reglamento de Titulación, Sustentación e Incorporación de la UPEC, por lo tanto, autorizamos la presentación de la sustentación para la calificación respectiva.

.....

Ing. Segundo Ramiro Mora MSc.

.....

Ing. David Herrera MSc.

Tulcán, 23 de enero de 2019

AUTORÍA DE TRABAJO

El presente trabajo de titulación constituye requisito previo para la obtención del título de Ingeniero/a Licenciado/a de la Facultad de la Facultad de Industrias Agropecuarias Y Ciencias Ambientales.

Yo, John Alex Chulde Minda con cédula de identidad número 040184339-6 declaro: que la investigación es absolutamente original, autentica, personal. Los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.

.....

John Alex Chulde Minda

Tulcán, 23 de enero de 2019

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, John Alex Chulde Minda declaro ser autor/a de los criterios emitidos en el trabajo de investigación: “Alternativas de fertilización para el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) con el empleo de Microorganismos solubilizadores de fósforo, Micorrizas y Extracto de algas en la Finca San Francisco Cantón Huaca” y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

.....

John Alex Chulde Minda

CI.0401843396

Tulcán, 23 de enero de 2019

AGRADECIMIENTO

A Dios, mi fiel compañero que ha guiado mis estudios, mi fortaleza en los momentos de debilidad y brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

A mis padres, por haber sido gran apoyo en el transcurso de mi carrera, por sus palabras y valores inculcados para alcanzar esta meta.

A mis hermanas (os), por ser los consejeros confidentes, infinitas gracias familia.

A mis amigos, gracias por haber marcado mi vida compartiendo una amistad sincera y llena de gratos recuerdos.

A mi tutor el Ing. Ramiro Mora MSc., y profesionales, por dar la oportunidad de desarrollar este trabajo de investigación, por su apoyo, tiempo, amistad, y conocimientos impartidos hacia mí.

John Alex Chulde Minda

DEDICATORIA

A Dios, por la oportunidad de vivir, guiarme por el buen camino, fuerza para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaron, me enseñó así a enfrentar sin perder la dignidad ni desfallecer en el intento.

A Juan Chulde y María Minda, padres comprensibles, por la confianza depositada en mí, su esfuerzo y sacrificio para darme la oportunidad de seguir y motivar con mis estudios, para llegar a culminar mi profesión.

A Mireya, Janeth, Sandra, Evelin y Erick, mis hermanas (os) queridos, gracias por su comprensión, y apoyo.

John Alex Chulde Minda

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|-----|
| CERTIFICADO JURADO EXAMINADOR | I |
| AUTORÍA DE TRABAJO | II |
| ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN | III |
| AGRADECIMIENTO | IV |
| DEDICATORIA | V |
| ÍNDICE GENERAL | VI |
| ÍNDICE DE TABLAS | IX |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | IX |
| ÍNDICE DE ANEXOS..... | X |
| RESUMEN..... | XI |
| ABSTRACT..... | XII |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| I. EL PROBLEMA..... | 2 |
| 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 2 |
| 1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA | 3 |
| 1.3. JUSTIFICACIÓN..... | 3 |
| 1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN..... | 4 |
| 1.4.1. OBJETIVO GENERAL | 4 |
| 1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 4 |
| 1.4.3. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN | 4 |
| II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA..... | 5 |
| 2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS..... | 5 |
| 2.2. MARCO TEÓRICO | 7 |
| 2.2.1. CULTIVO DE LA PAPA..... | 7 |
| 2.2.1.1. Origen e importancia | 7 |
| 2.2.1.2. Clasificación taxonómica | 7 |
| 2.2.1.3. Morfología de la papa..... | 7 |
| 2.2.1.4. Variedades | 8 |
| 2.2.1.5. Variedad Superchola..... | 9 |
| 2.2.1.6. Etapas fenológicas | 10 |
| 2.2.1.7. Principales plagas y enfermedades | 12 |

| | | |
|----------|--|----|
| 2.2.1.8. | Importancia nutricional de la papa..... | 13 |
| 2.2.2. | NUTRICIÓN A BASE DE FÓSFORO | 14 |
| 2.2.2.1. | Origen y función | 14 |
| 2.2.2.2. | Formas del fósforo en el suelo | 14 |
| 2.2.2.3. | Disponibilidad del fósforo para las plantas | 15 |
| 2.2.2.4. | Pérdidas y ganancias de Fósforo | 15 |
| 2.2.2.5. | Función del fósforo en el cultivo de papa | 15 |
| 2.2.2.6. | Deficiencias y excesos de fósforo en cultivo de papa..... | 16 |
| 2.2.3. | PRODUCTIVIDAD..... | 16 |
| 2.2.3.1. | Concepto | 16 |
| 2.2.3.2. | Importancia de la productividad..... | 16 |
| 2.2.3.3. | Producción de papa a nivel mundial | 17 |
| 2.2.3.4. | Producción de papa a nivel nacional..... | 17 |
| 2.2.3.5. | Los fertilizantes en la producción | 18 |
| 2.2.3.6. | Como medir la productividad de un cultivo..... | 19 |
| 2.2.4. | EXTRACTO DE ALGAS..... | 19 |
| 2.2.4.1. | Historia del alga <i>Ascophyllum Nodosum</i> | 20 |
| 2.2.4.2. | Beneficios y efectos sobre el suelo: | 20 |
| 2.2.4.3. | Clasificación de las algas | 21 |
| 2.2.4.4. | Propiedades extracto de algas “ <i>Ascophyllum nodosum</i> ” | 21 |
| 2.2.4.5. | Métodos de aplicación: | 22 |
| 2.2.4.6. | Dosis recomendada | 22 |
| 2.2.5. | MICROORGANISMOS SOLUBILIZADORES DE FÓSFORO | 22 |
| 2.2.5.1. | Microorganismos solubilizadores de fósforo en el suelo | 23 |
| 2.2.6. | MICORRIZAS | 23 |
| 2.2.6.1. | Definición..... | 23 |
| 2.2.6.2. | Función de las Micorrizas | 24 |
| 2.2.6.3. | Características generales de Safer Micorrizas..... | 24 |
| 2.2.6.4. | Descripción y Modo de acción..... | 25 |
| 2.2.6.5. | Ventajas de Safer Micorrizas | 25 |
| III. | METODOLOGÍA..... | 26 |
| 3.1. | ENFOQUE METODOLÓGICO..... | 26 |
| 3.1.1. | Enfoque | 26 |
| 3.1.2. | Tipo de Investigación..... | 26 |

| | | |
|---------|--|----|
| 3.2. | HIPÓTESIS O IDEA A DEFENDER..... | 26 |
| 3.2.1. | Hipótesis Afirmativa (Ha) | 26 |
| 3.2.2. | Hipótesis Nula (Ho)..... | 26 |
| 3.3. | DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES | 27 |
| 3.4. | MÉTODOS UTILIZADOS | 29 |
| 3.4.1. | Localización del experimento..... | 29 |
| 3.4.3. | Características del diseño experimental..... | 30 |
| 3.4.4. | Esquema del análisis estadístico..... | 30 |
| 3.4.5. | Distribución de las unidades experimentales..... | 31 |
| 3.4.6. | Selección de unidades experimentales (plantas)..... | 31 |
| 3.4.7. | VARIABLES evaluadas: | 32 |
| 3.4.8. | Manejo del experimento | 33 |
| IV. | RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 36 |
| 4.1. | RESULTADOS | 36 |
| 4.1.1. | Emergencia de plantas bajo el efecto de los tratamientos estudiados..... | 36 |
| 4.1.2. | Altura de planta a los 80 dds | 36 |
| 4.1.3. | Número de tallos a los 50 dds..... | 37 |
| 4.1.4. | Diámetro de tallos a los 80 dds..... | 38 |
| 4.1.5. | Número de tubérculos categoría primera..... | 39 |
| 4.1.6. | Número de tubérculos categoría segunda..... | 40 |
| 4.1.7. | Número de tubérculos categoría tercera | 41 |
| 4.1.8. | Rendimiento total de cosecha en t/ha ⁻¹ a los 173 días después de la siembra..... | 42 |
| 4.1.9. | Rendimiento de cosecha en t/ha ⁻¹ categoría primera | 43 |
| 4.1.10. | Rendimiento de cosecha en t/ha ⁻¹ categoría segunda..... | 45 |
| 4.1.11. | Rendimiento de cosecha en t/ha ⁻¹ categoría tercera..... | 46 |
| 4.1.12. | RELACIÓN COSTO – BENEFICIO | 48 |
| 4.2. | DISCUSIÓN..... | 49 |
| V. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 50 |
| 5.1. | CONCLUSIONES..... | 50 |
| 5.2. | RECOMENDACIONES | 51 |
| | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 52 |
| | ANEXOS | 57 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Clasificación taxonómica del cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L)..... | 7 |
| Tabla 2. Variedades de papa zona Norte | 8 |
| Tabla 3. Clasificación por calibre..... | 10 |
| Tabla 4. Etapas fenológicas del cultivo | 10 |
| Tabla 5. Principales Plagas y Enfermedades del cultivo de papa..... | 12 |
| Tabla 6. Principales países productores de papa (toneladas)..... | 17 |
| Tabla 7. Producción de papa a nivel nacional | 18 |
| Tabla 8. Efecto de los ingredientes activos de <i>Ascophyllum nodosum</i> en las plantas | 21 |
| Tabla 9. Características generales de micorrizas (MA)..... | 24 |
| Tabla 10. Definición y operacionalización de variables..... | 27 |
| Tabla 11. Tratamientos de estudio y descripción | 29 |
| Tabla 12. Características del diseño experimental | 30 |
| Tabla 13. Representación del análisis de la varianza | 30 |
| Tabla 14. ADEVA altura de planta (cm) a los 80 dds..... | 36 |
| Tabla 15. ADEVA número de tallos a los 50 dds | 37 |
| Tabla 16. ADEVA diámetro de tallo a los 80 dds | 38 |
| Tabla 17. ADEVA número de tubérculos categoría primera | 39 |
| Tabla 18. ADEVA número de tubérculos categoría primera | 40 |
| Tabla 19. ADEVA número de tubérculos categoría tercera..... | 41 |
| Tabla 20. ADEVA rendimiento total de cosecha en t/ha ⁻¹ a los 173 dds | 42 |
| Tabla 21. ADEVA rendimiento de cosecha en t/ha ⁻¹ categoría primera | 43 |
| Tabla 22. ADEVA rendimiento de cosecha en t/ha ⁻¹ categoría segunda..... | 45 |
| Tabla 23. ADEVA rendimiento de cosecha en t/ha ⁻¹ categoría tercera..... | 46 |
| Tabla 24. Relación Costo – Beneficio de cada tratamiento..... | 48 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Fases fenológicas del cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.)..... | 12 |
| Figura 2. Valor nutritivo de la papa | 14 |
| Figura 3. Provincias con mayor producción anual..... | 18 |
| Figura 4. Alga del género <i>Ascophyllum nodosum</i> | 20 |
| Figura 5. Distribución de las unidades experimentales..... | 31 |
| Figura 6. Unidad experimental y parcela neta a evaluar | 31 |
| Figura 7. Emergencia de plantas (%) a los 20dds | 36 |
| Figura 8. Altura de planta (cm) a los 80 dds | 37 |
| Figura 9. Número de tallos a los 50 dds..... | 38 |
| Figura 10. Diámetro de tallo a los 80 dds | 39 |
| Figura 11. Número de tubérculos categoría primera..... | 40 |
| Figura 12. Número de tubérculos categoría segunda..... | 41 |
| Figura 13. Número de tubérculos categoría tercera | 42 |

| | |
|---|----|
| <i>Figura 14.</i> Rendimiento de cosecha total en t/ha ⁻¹ a los 173 dds. | 43 |
| <i>Figura 15.</i> Rendimiento de cosecha en t/ha ⁻¹ categoría primera | 44 |
| <i>Figura 16.</i> Rendimiento de cosecha en t/ha ⁻¹ categoría primera vs total..... | 44 |
| <i>Figura 17.</i> Rendimiento de cosecha en t/ha ⁻¹ categoría segunda..... | 45 |
| <i>Figura 18.</i> Rendimiento de cosecha en t/ha ⁻¹ categoría segunda vs total | 46 |
| <i>Figura 19.</i> Rendimiento de cosecha en t/ha ⁻¹ categoría tercera | 47 |
| <i>Figura 20.</i> Rendimiento de cosecha en t/ha ⁻¹ categoría tercera vs total | 47 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|---|----|
| <i>Anexos 1.</i> Recursos económicos empleados en la investigación | 57 |
| <i>Anexos 2.</i> Análisis de suelo..... | 59 |
| <i>Anexos 3.</i> Delimitación del terreno e identificación de tratamientos..... | 60 |
| <i>Anexos 4.</i> Adición de gallinaza y micorriza..... | 60 |
| <i>Anexos 5.</i> Siembra y desinfección de semilla <i>Superchola</i> | 60 |
| <i>Anexos 6.</i> Pesaje de abono en balanza analítica..... | 61 |
| <i>Anexos 7.</i> Adición de abono en cada uno de los tratamientos | 61 |
| <i>Anexos 8.</i> Fertilización | 61 |
| <i>Anexos 9.</i> Medio aporque y aporque..... | 62 |
| <i>Anexos 10.</i> Fumigación química y orgánica | 62 |
| <i>Anexos 11.</i> Medición de altura y diámetro..... | 62 |
| <i>Anexos 12.</i> Conteo de tallos y cosecha | 63 |
| <i>Anexos 13.</i> Pesaje y clasificación de tubérculo..... | 63 |

RESUMEN

En la actualidad el uso de tecnologías dentro de sector agrícola está basada en producir alimentos sanos y de calidad, reduciendo costos y aumentando la productividad, por lo cual se realizó esta investigación con el uso de bioestimulantes a base de Microorganismos solubilizadores de fósforo (Fosfotic), Micorrizas (Safer Micorrizas-MA) y Extracto de algas (*Seaweed Extract*), con el fin de disminuir el consumo de fertilizantes fosfóricos en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L), variedad Superchola, ubicado en el Centro Experimental San Francisco cantón Huaca. La inoculación de los biofertilizantes se aplicó al momento de la siembra. El diseño empleado es de bloques completamente al azar (DBCA) con ocho tratamientos y cuatro repeticiones, con un total de 32 unidades experimentales, un área de 15m², distancia de 0,50 m. entre planta y 1 m. entre surcos. Los tratamientos fueron **1)** 100% NPK fertilización del agricultor, **2)** 100% NPK + Fosfotic, **3)** 100% NPK + (MA), **4)** 100% NK + 75%P + Fosfotic + MA, **5)** 100% NK + 50% P, **6)** 100% NK + 25% P + (MA), **7)** 100% NPK + *Seaweed Extract*, **8)** *Seaweed Extract*). Las variables evaluadas fueron: porcentaje de emergencia, altura de planta, diámetro y número de tallo, número de tubérculos por planta, tamaño promedio de tubérculos por planta y por tratamiento (Clasificación por calibre), peso de tubérculos por planta, y relación costo – beneficio. Haciendo el respectivo análisis, se concluye que el mejor tratamiento es el T7 (100% NPK + Extracto de algas), por cuanto presentó un rendimiento de 40,70 t/ha⁻¹, de la misma manera en cuanto a las variables propuestas, estas sobresalen en diámetro y altura con valores de 1,49 cm y 0,70 m. respectivamente, y en cuanto a costo-beneficio es el tratamiento que mejor resultados presentó rentablemente a cualquier precio comparado a otros tratamientos. El uso de extracto de algas dentro de la agricultura es muy importante, ya que benefician a los suelos, vigorizan a las plantas, e incrementar los rendimientos en las cosechas ofreciendo productos de calidad para el consumidor, e ir sustituyendo los insumos químicos y llegando a tener una agricultura sustentable.

Palabras claves: Cultivo de papa, Extracto de algas, Fosfotic, Safer Micorrizas (MA), biofertilizantes.

ABSTRACT

Currently, the use of technologies within the agricultural sector is based on producing healthy and quality foods, reducing costs and increasing productivity, which is why this research was conducted with the use of biostimulants based on phosphorus solubilizing microorganisms (Fosfotic) , Mycorrhizae (Safer Micorrizas-MA) and Seaweed Extract (Seaweed Extract) in order to reduce the consumption of phosphoric fertilizers in the cultivation of potato (*Solanum tuberosum* L), Superchola variety, located in the Experimental Center San Francisco canton Huaca . The inoculation of biofertilizers was applied at the time of sowing. The design used is random blocks (DBCA) with eight treatments and four repetitions, with a total of 32 experimental units, an area of 15m², distance of 0.50m between plants and 1m between furrows. The treatments were **1)** 100% NPK farmer fertilization, **2)** 100% NPK + Fosfotic, **3)** 100% NPK + (MA), **4)** 100% NK + 75% P + Fosfotic + MA, **5)** 100% NK + 50% P, **6)** 100% NK + 25% P + (MA), **7)** 100% NPK + Seaweed Extract), **8)** Seaweed Extract). The evaluated variables were: percentage of emergence, height of plant, diameter and number of stems, number of tubers per plant, average size of tubers per plant and per treatment (classification by size), weight of tubers per plant, and cost - benefit. After doing the respective analysis, it is possible to conclude that the best treatment is T7 (100% NPK + Extract of algae), as it presented a yield of 40.70 t/ha⁻¹. In the same way, as for the proposed variables, these outmeasure the others in diameter and height with values of 1.49cm and 0.70 m. respectively. In terms of cost-benefit, it is the treatment that presented the best profitability at any price compared to other treatments. The use of algae extracts in agriculture is very important as they benefit the soil, invigorate the plants, and increase crop yields by offering quality products for the consumer while replacing the chemical inputs and reaching a sustainable agriculture.

Key words: Potato cultivation, Fosfotic, Seaweed Extract, Safer Mycorrhizae (MA), biofertilizers.

INTRODUCCIÓN

“El cultivo de papa en Ecuador es tradicional de la región andina, con un alto consumo doméstico, constituyéndose un alimento básico en la dieta de los ecuatorianos” (Devaux, Ordinola , Hibon, y Flores , 2010, p.203). “Se adapta a los diferentes pisos climaticos de la región interandina, obteniendo mayores rendimientos a los 2900-3300 msnm” (p.206).

El principal sistema de producción de los agricultores de pequeña escala es la papa, seguida de otros cultivos (trigo, cebada, maíz, haba y pastos), dependiendo de la época de siembra, topografía del suelo y la maquinaria agrícola necesaria para realizar dichas labores. Productores de mediana y gran escala no solo se dedican a la agricultura, sino que también a la ganadería, dentro de la agricultura lo más común en rotaciones de cultivos son papa-papa-pastos durante un periodo de dos a tres años, llegando así a ser el pasto un sustento tanto para el ganado de leche como de carne. (p.209).

Para determinar el grado de fertilidad de un suelo, se realiza de acuerdo a la disponibilidad de nutrimentos para las plantas. Los suelos que presentan grandes cantidades de nutrimentos muchas veces no son fértiles, ya que presentar ciertos factores que pueden limitar la disponibilidad de ciertos nutrientes, tal es el caso de la compactación, las sequías, o de ciertas enfermedades o insectos que influyen directamente con la calidad de los suelos. Según Pumisacho y Sherwood, (2002) manifiestan que en la provincia del Carchi los índices que causan desbalances iónicos son los fertilizantes químicos que como resultado causan que otros nutrientes presentes en el suelo no sean asimilados por las plantas. El fósforo es uno de los tres macronutrientes muy importantes para las plantas ya que influyen tanto en la calidad como en el rendimiento del cultivo de papa, la aplicación de fósforo al suelo tiene ciertos beneficios como son: provocar un rápido desarrollo del tubérculo y desarrollo de raíces, resistencia a las bajas temperaturas, mayor captación de agua, acelera el periodo de madurez, y ayuda a la resistencia de enfermedades. (p.60).

Por tal razón se plantea esta alternativa de hacer uso de Microorganismos solubilizadores de fósforo, Micorrizas y Extracto de algas, que permiten sustituir parcial o totalmente el uso de fertilizantes químicos, desempeñando un papel muy importante dentro de la nutrición y desarrollo de la planta; a la vez preservando el medio ambiente y generando beneficios económicos para el agricultor.

I. EL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los suelos que predominan la sierra ecuatoriana son de origen volcánico (Andisoles), de color negro, facilita la infiltración del agua, profundos, ricos en materia orgánica (8-16%), buena permeabilidad, con un pH que oscila de ligeramente ácido a ácido, presentan arcillas alófanas e imogolita y complejos aluminio-humus, lo que conlleva a altos contenidos de aluminio activo y un alto poder de fijación de fósforo, es por esto que el Ecuador es uno de los países que más hace uso de fertilizantes fosforados. (Jacobsen & Sherwood, 2002, p.17).

Los rendimientos del cultivo de papa son relativamente bajos en 17,5 TM en Carchi, y 7 TM por ha a nivel nacional, en tanto que en países vecinos como Colombia y Perú el promedio de producción de papa por hectárea es de 25 TM. Esto se debe a la escasa disponibilidad del fósforo que limita la producción del cultivo de papa debido a la poca absorción del elemento fosforo. Lo cual conlleva al uso de elevadas de las dosis de fertilizantes fosfóricos por parte de los productores de papa, afectando los rendimientos, contaminando el suelo (efecto residual), provocando daños al medio ambiente, más aún, teniendo en cuenta la calidad del tubérculo que exige la agroindustria, reduciendo el uso exagerado de fertilizantes químicos y los elevados costos de producción. (Alvarado, Iturriaga, Smyth, Portuguez, & Ureña, 2009).

“Por desconocimiento técnico los productores, practican el monocultivo, causando el desgaste del suelo, reduciendo la carga microbiana, provocando resistencia en plagas y enfermedades” (Vidal, 2008, p.1). “Los fertilizantes tienen mucha importancia, ya que influyen directamente con los costos de los productores agropecuarios” (Conpes, 2009, p. 5)., lo que hace que la producción de este cultivo no sea sostenible y rentable.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La baja producción de papa en el Ecuador, debido a la falta de absorción de fósforo por las características físico-químicas de los suelos Andisoles, y el deterioro de la biota del suelo, han provocado que mediante la presente investigación “Escasas alternativas de fertilización para el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) con Microorganismos solubilizadores de fósforo, Micorrizas y Extracto de algas den respuestas biológicas a los productores.

1.3. JUSTIFICACIÓN

El cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.), constituye uno de los cultivos más importantes en los sistemas de producción de la sierra ecuatoriana, ya que es un alimento que forma parte de la dieta diaria de la mayor parte de las familias, llegando a ocupar un lugar significativo a nivel mundial (Pumisacho & Velásquez, 2009, p.65).

En la provincia del Carchi, existen suelos con escasa disponibilidad de fósforo, por esta razón, se ve en la necesidad de investigar alternativas de biofertilización en base de microorganismos solubilizadores de fósforo, micorrizas y extracto de algas para la producción de papa (*Solanum tuberosum* L.), con el objetivo de generar mayores rendimientos, reducir costos y proponer nuevas alternativa de fertilización, generando una nueva opción de disminución o sustitución de fertilizantes químicos dentro de la agricultura, El empleo de micorrizas y extracto de algas como otras alternativas de fertilización foliar constituyen un suplemento de macronutrientes y hormonas que estimulan el desarrollo vegetal, además de ser una aproximación al tema de los micronutrientes en la fertilización de este cultivo, aspecto poco explorado dentro de nuestra zona. (Almeida, 2014).

Estos microorganismos juegan un papel muy importante ya que afectan la transformación del fósforo en el suelo y su disponibilidad para las plantas, el uso de estos a través de diferentes mecanismos y su inoculación en altas concentraciones con relación a las que normalmente se encuentran en el suelo constituye una ventaja para su uso como biofertilizantes promoviendo el crecimiento de las plantas (Fernández, 2006, p.29).

Esta investigación permitirá evaluar los efectos de la biofertilización en los suelos Andisoles, ya que el uso de estas alternativas agroecológicas generará un beneficio tanto para la calidad de

los suelos como para los agricultores, quienes tendrán nuevos elementos de juicio para manejar sus cultivos de la mejor manera, teniendo en cuenta las etapas fenológicas, ya que es el momento en el cuál la planta necesita nutrirse. A la vez ofrecer nuevas alternativas de fertilización con el uso de microorganismos solubilizadores de fósforo, micorrizas y extracto de algas que permiten reducir el uso excesivo de agroquímicos, incrementar solubilidad del fósforo en el suelo y aprovechamientos de los nutrientes para un mejor desarrollo de la planta.

1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la aplicación de biofertilizantes basados en microorganismos solubilizadores de fósforo, micorrizas y extracto de algas como alternativas de fertilización para disminuir el consumo de fertilizantes fosfóricos en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum L.*).

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el efecto de la biofertilización con Microorganismos solubilizadores de fósforo, Micorrizas y Extracto de algas, sobre el rendimiento del cultivo de la papa.
- Identificar el mejor tratamiento en producción t/ha⁻¹. del cultivo de papa
- Evaluar el efecto económico costo beneficio de los tratamientos en estudio.

1.4.3. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es el efecto de la biofertilización con Microorganismos solubilizadores de fósforo, Micorrizas y Extracto de algas, sobre el rendimiento del cultivo de la papa?

¿Cuál es el mejor tratamiento para la producción de papa con la aplicación de microorganismos solubilizadores de fósforo, micorrizas y extracto de algas influyen en la producción del cultivo de papa?

¿Cuál de los tratamientos en estudio es más rentable con la aplicación de biofertilizantes a base de Microorganismos solubilizadores de fósforo, Micorrizas y Extracto de algas?

II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Almeida (2014), en la UPEC en la investigación “Efecto de formulaciones biológicas (micorrizas y activadores biológicos) y formulación química (omega 3, 6, 9 más extracto de algas marinas y silicio) en el aprovechamiento del fósforo no soluble del suelo, por parte del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) Variedad Superchola”, demostró que la aplicación de formulaciones biológicas (micorrizas y activadores biológicos) tiene un efecto positivo en rendimiento de tubérculos y absorción de nutrientes (p.1). Se concluye que el T2 (activadores biológicos) con valores de 55,625 kg/ha⁻¹, es el mejor.

Cepeda (2008) en su investigación realizada en la ESPE, “Prueba a nivel de invernadero y determinación de la sobrevivencia de un biofertilizante producido a partir de bacterias solubilizadoras de fósforo utilizando un medio de cultivo alternativo”, demostró que el pool preparado con las bacterias solubilizadoras de fósforo fue capaz de crecer en los tres medios establecidos (p.111).

Las bacterias utilizadas como biofertilizantes fueron *Pseudomonas sp.* y *Azotobacter sp.*, debido a que establecen cierta relación simbiótica con las plantas, en el sustrato tierra, las más efectivas en la evaluación de longitud de raíz son las correspondientes a 1,5 ml/L y 0,5 ml/L, no así la dosis de 2,5 ml/L, siendo las dosis más efectivas entre los biofertilizantes de 1,5 y 2,5 ml/L, que constituye las más altas y provee una mayor concentración de microorganismos (p.121).

Restrepo et al. (2015) manifiesta que el empleo de bacterias promotoras del crecimiento vegetal, principalmente los solubilizadores de fósforo, pueden reducir el uso de fertilizantes químicos. Las *Pseudomonas* y *Bacillus* unido a aislados promisorios de *Azospirillum* y *Herbaspirillum* en cultivos como arroz y café permitiría reducir a largo plazo el uso de productos químicos en la agricultura, así como desarrollar estrategias agronómicas que preserven el medio ambiente (p.1).

Trabajos realizados en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias México, evaluaron las mezclas de alga verde (*Ulva Lactuca*) y alga café (*Sargasum spp.*) sobre variables de emergencia y crecimiento de plántulas de albahaca. Los tratamientos fueron 12,5% de algas verde-café y 87,5% de peat moss, 25% de algas verde-café y 75% de peat moss, 37,5% de algas verde-café y 62,5% de peat moss, y un testigo de mezcla de peat moss. Los resultados mostraron que tratamientos 12,5% de algas verde-café y 87,5% de peat moss afectaron positivamente a los parámetros evaluados con respecto al testigo y al resto de las mezclas (Espinoza et al., 2016, p.2).

Además, estudios realizados en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro sobre Enzimas-Algas para estimular la producción agrícola y mejora de los suelos concluyeron que los rendimientos y la calidad de las cosechas son muy satisfactorios, así como el mejoramiento de las condiciones del suelo por la incorporación de la materia orgánica. Alcanzando rendimientos de 1 a 3 t/ha⁻¹ de maíz, trigo y arroz, cuando se les ha aplicado de 1 a 3 L/ha⁻¹ de ALGAENZIMSMR, que es un extracto de algas marinas hecho en México. Al aplicar esta técnica incrementaron los rendimientos a bajo costo y además de mejorar o rehabilitar los suelos como subproducto (Canales, 2000, p.1)

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. CULTIVO DE LA PAPA

2.2.1.1. Origen e importancia

La papa comienza hace unos 8000 años, cerca del lago Titicaca, en la cordillera de los Andes, América del Sur, en este continente hay cerca de 200 especies de papas silvestres, y es ahí donde los agricultores también produjeron una especie de papa resistente a las heladas, que sobrevive en la tundra alpina de la región de la Puna, a 4.300 metros de altura, es así que la papa en todas sus formas ha sido profundamente un “alimento del pueblo” y la actividad más importante de la temporada agrícola cerca del lago Titicaca, donde la papa es denominada "Mamá Jatha", o madre del crecimiento (FAO, 2008, p.1).

2.2.1.2. Clasificación taxonómica

Tabla 1. Clasificación taxonómica del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L)

| Reino | Plantae |
|----------|------------------|
| División | Magnoliophyta |
| Clase | Magnoliopsida |
| Subclase | Asteridae |
| Orden | Solanales |
| Familia | Solanaceae |
| Género | <i>Solanum</i> L |
| Especie | <i>Tuberosum</i> |

Fuente: Huacanes, (2017)

2.2.1.3. Morfología de la papa

Pumisacho & Velásquez (2009) manifiesta:

La planta de papa está conformada por tallos aéreos y subterráneos, donde se sostienen las hojas, flores y los tubérculos, respectivamente. El tallo principal nace del brote del tubérculo de la semilla; tallo secundario nace de la yema subterránea del tallo principal; rama se origina de una yema aérea del tallo principal; estolón tallos laterales normalmente subterráneos; el tubérculo

es donde se almacena las sustancias; raíces son las responsables de la absorción del agua; hojas transforman la energía solar en alimenticia (varían en forma, tamaño y color); flores de cinco pétalos soldados, con colores que varían desde el color blanco al color morado, son las encargadas de la reproducción sexual; el fruto en estado maduro es una baya (tzímbalo, papa lulu) de forma redonda u oval, de color que va desde el verde amarillo hasta violeta, su tamaño alrededor de 5 cm de diámetro; la semilla se denomina al tubérculo utilizado para la producción de la papa; la fruta o tzímbalo contiene la semilla sexual se la usa para mejoramiento genético; estolón es un tallo que transporta los azúcares que se depositan en los tubérculos como almidones; tubérculos son la porción apical del tallo que crece, almacena reservas y se la usa como semilla para la reproducción; brote es un tallo que crece en el ojo del tubérculo, tiene como fin dar origen a otra planta (p.13).

2.2.1.4. Variedades

De acuerdo con Monteros y Reinoso, (2010) citado por Center (Torres , Cuesta, Monteros, & Rivadeneira, 2011). Las variedades de papa, se clasifican en dos grandes grupos: “Nativas y mejoradas” Las variedades nativas son el resultado de un proceso de domesticación, selección y conservación ancestral, mientras que las variedades mejoradas son el resultado de un proceso de mejoramiento genético (p.1)

Tabla 2. Variedades de papa zona Norte

| ZONA DE CULTIVO | VARIEDADES |
|--|-----------------------------------|
| Zona Norte provincia del Carchi | Chola |
| | INIAP-Superchola |
| | INIAP-Gabriela |
| | INIAP-Esperanza |
| | INIAP-María |
| | INIAP-Fripapa |
| | ICA- Diacol-Capiro |
| | Ormuz |
| | Yema de Huevo (Chauchas) |
| | Clon “Carolina” y Clon “Libertad” |

Fuente: Devaux et al, (2010)

2.2.1.5. Variedad Superchola

Esta variedad fue generada por el señor Germán Bastidas, quien mediante el cruzamiento de las variedades (*Curipamba negra* x *Solanum demissum*) x (clon resistente con comida amarilla x chola seleccionada) llegando a obtener la variedad Superchola en San Gabriel, Carchi (Torres et al, 2011).

2.2.1.5.1. Características morfológicas

- **Planta:** presenta un crecimiento erecto, tallos pigmentados y presencia de alas rectas y onduladas.
- **Hojas:** Diseccionadas de color verde intenso con tres a cuatro partes de foliolos laterales, un foliolo terminal, dos a tres pares de inter hojuelas entre foliolos laterales y uno a dos pares de interhojuelas sobre peciolulos.
- **Floración:** Moderada, flor morada con un color secundario blanco, la flor tiene una flor en forma de la corola estrellada.
- **Tubérculo:** Forma ovalada, ojos superficiales; color predominante rosado, color secundario blanco crema, distribuido alrededor de los ojos, pulpa amarillo intenso.
- **Brotos:** Color predominante blanco, con color secundario violeta en la base (Mastrocola, Pino, Mera, Rojano, Haro, Rivadeneira, Monteros y Cuesta, 2016)

2.2.1.5.2. Características agronómicas

- **Zona recomendada:** Zona norte y centro desde los 2800 a 3600m de altitud.
- **Maduración:** 180 días a 3000 m de altitud.
- **Rendimiento:** 20 – 30 t/ha

2.2.1.5.3. Características de calidad

- **Materia seca:** 24%
- **Gravedad específica:** 1098 (Torres et al, 2011).

2.2.1.5.4. Reacción a enfermedades

La variedad Superchola es propensa a la lanchar (*Phytophthora infestans*), regularmente resistente a la roya (*Puccinia pittieriana*) y a la vez tolerante al nematodo del quiste de la papa (*Globodera pallida*).

2.2.1.5.5. Usos

Sirve principalmente para consumo en fresco: sopas y puré, como también son empleadas para procesamientos industriales: como papas fritas en forma de hojuelas (chips) y a la francesa. (Pumisacho & Sherwood, 2002)

2.2.1.5.6. Clasificación por calibre

Tabla 3. Clasificación por calibre

| Categoría | Dimensión |
|------------|----------------|
| Gruesa | Mayor a 100 g. |
| Redroja | 70 a 100 g. |
| Redrojilla | 40 a 70 g. |
| Fina | Menor a 40 g. |

Fuente: Pumisacho y Velásquez (2009)

2.2.1.6. Etapas fenológicas

Tabla 4. Etapas fenológicas del cultivo

| FASE VEGETATIVA | | | | FASE REPRODUCTIVA | | MADURACION |
|-----------------------------------|-------------------------|-------------------------|---|---|----------------------|--|
| VO Brotación semilla | VI Emergencia | V2 Desarrollo | V3 Inicio floración Inicio tuberización | R4 Fin floración fin tuberización | R5 Engrose | R6 Maduración Cosecha |

Fuente: Pumisacho & Velásquez, (2009)

Etapa V0: Brotación de la semilla

En esta etapa fenológica los tubérculos se encuentran en un estado de dormancia, y dependiendo de la variedad empezarán a brotar, para el caso de la Superchola será aproximadamente a los 90 días, y antes de la siembra se debe escoger bien los terrenos, tipo negro andino con textura arcillosa y con gran cantidad de nutrientes orgánicos. En esta fase también se debe tener en

cuenta que puede haber presencia de polilla, gusano blanco y nemátodos que pueden ser muy perjudiciales para la brotación de la semilla.

Etapa V1 - V2: Emergencia y Desarrollo

La emergencia es el tiempo comprendido desde el momento que se realizó la siembra hasta cuando la planta logra alcanzar unos 10 a 15 cm de altura, en este tiempo se debe realizar una limpieza de malezas. La emergencia correspondería al período que se da entre los 16 a los 30 días, y el desarrollo que puede ser entre los 50 hasta los 90 días, en este lapso de tiempo es cuando se debe realizar el rascadillo, medio aporque, aporque y una fertilización. En esta etapa se pueden presentar ciertas plagas como son: pulguilla, trips, lancha temprana, tizón tardío.

Etapa V3: Inicio floración e inicio tuberización

En esta etapa es cuando el inicio de la floración comienza con la transformación de las yemas terminales en botones florales y para la tuberización la parte terminal del estolón comienza a hincharse. Para esta etapa debe haber mucha humedad, ya que inicia a los tres meses y medio y alcanza su totalidad a los 4 meses. En esta etapa se pueden presentar casos de virus que causan el enrollamiento de las hojas, amarillamiento de venas, y presencia de mosca minadora, para lo cual se debe tomar las respectivas medidas de precaución.

Etapa R4: Final floración y final tuberización

El final de la floración puede darse entre los 90 a 120 días. Y para el caso de la tuberización, los estolones ya han terminado de formar el tubérculo y posterior a ello comenzara con el llenado del mismo que puede darse entre un periodo de 137 a 151 días después de la siembra.

Etapa R5: Engrose

En esta etapa es donde los tubérculos llegan a su mayor tamaño con un periodo de 127 a 151 días. En este caso se pueden presentar problemas de Rhizoctonia, Sarna común, Lanosa, Sarna polvorienta, para lo cual se debe prevenir.

Etapa R6: Maduración

La etapa de maduración es el fin del cultivo, ya que la planta comienza a amarillarse y luego morir. El periodo va desde los 127 hasta los 200 días. También existen variedades tempranas que se dan a los 4 meses, variedades semi tardías a los 5 meses, variedades tardías a los 6 meses. Una papa ya está madura cuando al sacarla se la presiona y no se pela, una vez realizado esto, se procede a realizar la cosecha total de todo el lote realizando la respectiva categorización (para de primera, segunda y tercera) (Pumisacho & Velásquez, 2009).

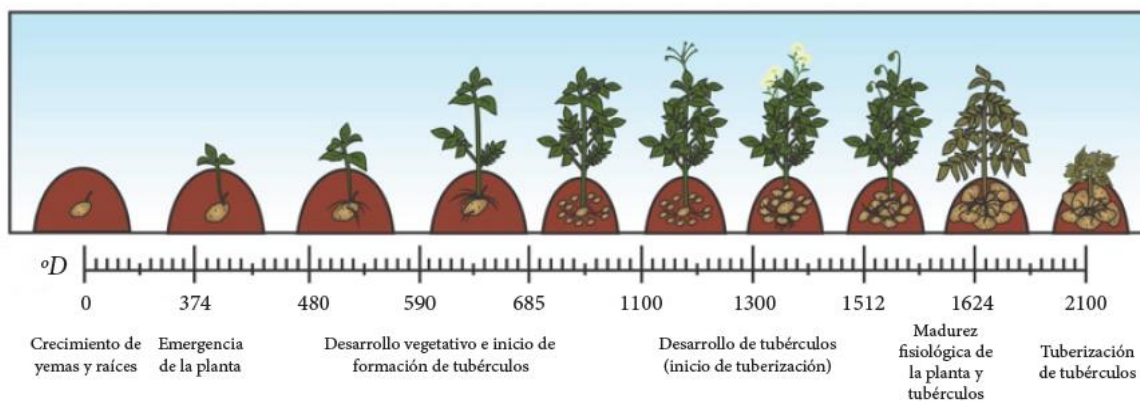


Figura 1. Fases fenológicas del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.)

2.2.1.7. Principales plagas y enfermedades

Tabla 5. Principales Plagas y Enfermedades del cultivo de papa

| Plaga-Enfermedad | Agente Causal | Tipo |
|-------------------------------|--|----------|
| Tizón tardío, lancha | <i>Phytophthora infestans</i> | Oomiceto |
| Alternariosis, tizón temprano | <i>Alternaria solani</i> , <i>Alternaria spp</i> | Hongo |
| Rizoctoniasis, costra negra | <i>Rhizoctonia solani</i> | Hongo |
| Verruga | <i>Synchytrium endobioticum</i> | Hongo |
| Sarna polvorienta, roña | <i>Spongospora subterranea</i> | Hongo |
| Fusariosis, pudrición seca | <i>Fusarium spp</i> | Hongo |
| Carbón | <i>Thecaphora solani</i> | Hongo |

| | | |
|--------------------------------------|--|----------|
| Oidio | <i>Oidium sp.</i> | Hongo |
| Lanosa, pudrición negra | <i>Rosellinia spp</i> | Hongo |
| Marchitez bacteriana | <i>Ralstonia solanacearum</i> | Bacteria |
| Sarna común | <i>Streptomyces scabies</i> | Bacteria |
| Pudrición blanda, pie negro, erwinia | <i>Pectobacterium spp.</i> | Bacteria |
| Virosis | PVX, PVS, PVA, PVY, APLV, APMV, PLRV, PYVV | Virus |
| Nemátodo del quiste | <i>Globodera spp.</i> | Nemátodo |
| Gusano blanco | <i>Premnotrypes vorax</i> | Insecto |
| Polilla de la papa | <i>Phtorimaea operculella</i> <i>Symmetrichema tangolias</i> <i>Tecia solanivora</i> | Insecto |
| Mosca minadora | <i>Liriomyza spp.</i> | Insecto |
| Pulgón | <i>Myzus persicae</i> <i>Macrosiphum euphorbiae</i> | Insecto |
| Trips | <i>Frankliniella tuberosi</i> | Insecto |
| Pulguilla | <i>Epitrix spp.</i> | Insecto |

Fuente: Montesdeoca, y otros, (2013)

2.2.1.8.Importancia nutricional de la papa

La papa es un alimento energético ya que es fuente de carbohidratos, proteína de buena calidad, vitaminas (niacina, tiamina, riboflavina, vitamina c) y minerales (hierro, calcio, fósforo, potasio), una papa de tamaño mediano (aproximadamente 70 gramos) contiene alrededor de la mitad de los requerimientos diarios de vitamina C para una persona adulta; otros cultivos de primera necesidad como el arroz o el trigo no la poseen. Además, la papa es baja en grasa (5% del contenido de grasa del trigo y una cuarta parte de las calorías del pan) y sancochada tiene más proteína que el maíz y casi el doble de calcio”. En 100 gramos de papa se encuentran los siguientes nutrientes: Calorías (87), Carbohidratos (20,13g), Proteína (1,9g) y Grasa (0,1g) (FAO, 2010, p.10).

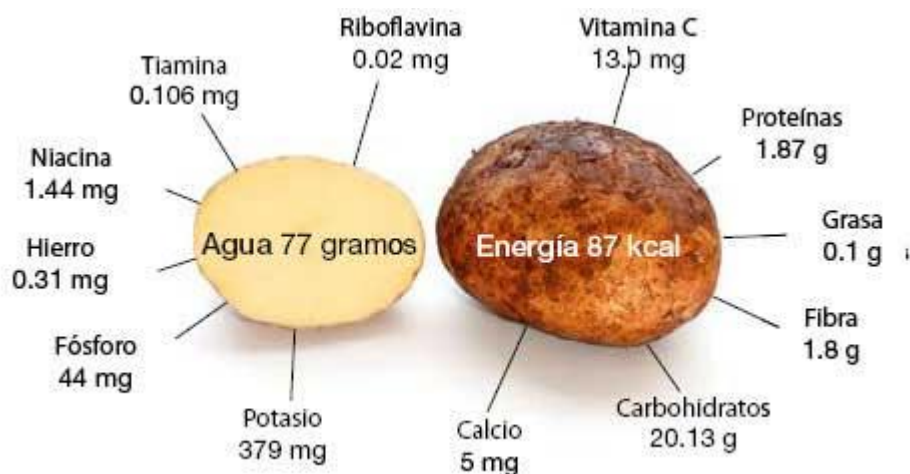


Figura 2. Valor nutritivo de la papa

2.2.2. NUTRICIÓN A BASE DE FÓSFORO

2.2.2.1. Origen y función

El fósforo es uno de los tres macronutrientes importante para las plantas y que en la naturaleza no se encuentra en estado puro, sino ligado al Oxígeno y a otros elementos químicos formando los fosfatos, muy esenciales para los procesos biológicos y para la vida de las plantas (Barrios, M., Sandoval E., Camacaro O., y Borges J., 2010). El fósforo es un recurso natural no renovable que debemos cuidarlo y para recuperarlo se debe incorporar al suelo fertilizantes como es el caso de las bacterias solubilizadoras de fósforo (fosfotico).

Este elemento apoya al almacenamiento de energía mediante el proceso de la fotosíntesis y del metabolismo de carbohidratos en forma de polifosfatos, los cuales son empleados tanto para el crecimiento de la planta, como también para la reproducción vegetal (Prada, 2013).

2.2.2.2. Formas del fósforo en el suelo

❖ Fósforo orgánico

El fósforo orgánico proviene principalmente de restos vegetales y animales que al ser degradados por microorganismos que se encuentran presentes en el suelo liberan los llamados compuestos fosfatados, este constituye entre el 29 al 65% de la superficie del suelo, siendo la mayoría compuestos de bajo peso molecular. Este tiende a ser absorbido sobre las arcillas, pero se podría observar contenidos superiores en suelos arcillosos que en arenosos o francos, además

el contenido de este tipo de fosforo varía de acuerdo al manejo del suelo y tipo de cultivo (Arzuaga, Fernandez, Dalurzo y Vázquez, 2005).

❖ **Fosforo inorgánico**

La hidrólisis del fosforo inorgánico, es obtenido a partir del fósforo orgánico, cuya reacción es catalizada por las enzimas fosfatasas (Arzuaga et al., 2005). Este se encuentra formando parte de los minerales de calcio, hierro y aluminio originados por mecanismos de precipitación y pueden liberar fósforo muy lentamente por medio de la meteorización, encontrándose en forma de sales en solución, sales cristalinas o sales absorbidas (Bobadilla y Rincón, 2009).

2.2.2.3. Disponibilidad del fósforo para las plantas

El fósforo es esencial para la vida de las plantas, tanto para el crecimiento y desarrollo genético, y cuya función es la transferencia de energía de una reacción para producir otra dentro de las células, incluyendo la fotosíntesis, transferencia genética y transporte de nutriente. Cabe recalcar que el fosforo trabaja dentro de las plantas estimulando así el crecimiento desde la primera etapa hasta la madurez, una deficiencia de este elemento puede ocasionar disminución en tamaño y número de hojas, retraso en la madurez y por ende una escasa producción (SACSA, 2015).

2.2.2.4. Pérdidas y ganancias de Fósforo

Las principales perdidas de fósforo se producen principalmente por las cosechas, ya que existe una remoción de las plantas, además se puede producir por escorrentía superficial, erosión de las partículas del suelo que arrastran el fósforo y por fijación en formas no solubles para la planta. El remplazo del fósforo perdido se realiza mediante fertilizantes fosfatados para así mejorar la fertilidad de los suelos que están con deficiencias de este elemento (Fixen, s.f.). La disponibilidad de fósforo se incrementa cuando existe un buen nivel de materia orgánica (MO), he aquí la importancia de la MO y de un buen manejo de la fertilización a base de fosfatos (Fernández y Ferraris, 2007).

2.2.2.5. Función del fósforo en el cultivo de papa

El fósforo es uno de los elementos muy importantes para el cultivo de papa, desempeñando así las siguientes funciones:

- ❖ Favorece el crecimiento.
- ❖ Al crecer rápido las plantas, favorece la captación de otros nutrientes.
- ❖ Acelera la madurez
- ❖ Mejora la calidad y el rendimiento.
- ❖ División y crecimiento celular (Valverde, Córdova y Parra, 1998).

2.2.2.6. Deficiencias y excesos de fósforo en cultivo de papa

Síntomas de deficiencia de fósforo

- ❖ En el cultivo las hojas presentan una coloración verde azulada.
- ❖ Provoca enanismo en la planta.
- ❖ Disminución en la formación de almidón.

Síntomas de exceso de fósforo

- ❖ En dosis muy elevadas puede provocar antagonismos con el Zinc (Valverde et al., 1998).

2.2.3. PRODUCTIVIDAD

2.2.3.1. Concepto

Se define a la productividad como una mejora del proceso productivo entre la cantidad de recursos empleados y la cantidad de bienes producidos, estableciendo que la productividad relaciona lo producido (producto) y los recursos (insumos) utilizados para generarlo (Carro y Gonzales, 2012).

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Salidas}}{\text{Entradas}}$$

2.2.3.2. Importancia de la productividad

La productividad es importante para el desarrollo de la actividad agrícola, siendo la mano de obra, la maquinaria o los materiales e insumos instrumentos que determinan la eficiencia para mejorar la productividad. A medida que las explotaciones optan por emplear nuevas tecnologías el incremento de la productividad va aumentando, brindando así oportunidades a la población en el sector agrícola (Yépez, 2013)

2.2.3.3. Producción de papa a nivel mundial

En la siguiente tabla se detalla a los principales países productores de papa que sobresalen a nivel mundial para los años 2011, 2012, 2013 y 2014 representados en toneladas respectivamente.

Tabla 6. Principales países productores de papa (toneladas)

| PAISES | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
|---------|------------|------------|------------|------------|
| China | 88.353.841 | 92.807.929 | 95.987.504 | 96.136.320 |
| India | 42.339.400 | 41.483.000 | 45.343.600 | 46.395.000 |
| Rusia | 31.501.354 | 29.532.530 | 30.199.126 | 31.501.354 |
| Ucrania | 24.248.000 | 23.250.200 | 22.258.600 | 23.693.350 |

Fuente: Actualitix, (2016)

Elaborado por Chulde John (2018)

Dentro de la economía de los países la agricultura juega un papel muy importante, ya que brinda la principal fuente de alimentos, ingresos y empleo a sus poblaciones rurales, a la vez la tecnificación conllevaría a lograr una buena seguridad alimentaria, reducción de la pobreza y un desarrollo sostenible (Aguado, 2012). Para aumentar la productividad el agricultor opta por emplear fertilizantes químicos, los cuales a largo plazo generan cambios a nivel de fertilidad de los suelos, conllevando a que la agricultura no sea productiva.

2.2.3.4. Producción de papa a nivel nacional

En la siguiente tabla se detalla la producción de papa en el Ecuador para los años 2015, 2016, y 2017. Siendo el año 2016 el que mayor producción en TM obtuvo, con un área de 32.742 hectáreas sembradas, y una venta de 378.853 hectáreas, siendo superior al 2015, que tuvo una producción de 397.521 TM y al 2017 con una producción de 377.243 TM.

Tabla 7. Producción de papa a nivel nacional

| Año | Superficie (ha) | | Producción | Ventas |
|------|-----------------|-----------|------------|---------|
| | Sembrado | Cosechado | (Tm) | (Tm) |
| 2015 | 32.037 | 29.703 | 397.521 | 341.849 |
| 2016 | 32.742 | 29.635 | 422.589 | 378.853 |
| 2017 | 32.188 | 29.532 | 377.243 | 343.765 |

Fuente: INEC, 2017

Elaborado por Chulde John (2018)

Las provincias que sobresalen en superficie cosechada en la Región Sierra son: Carchi, Pichincha y Chimborazo con valores de 19,11%, 18,29% y 14,59% respectivamente, y las provincias con mayor producción anual son: Pichincha, Carchi y Tungurahua, con una producción nacional de 27%, 25,82% y 13,87% respectivamente (INEC, 2017).

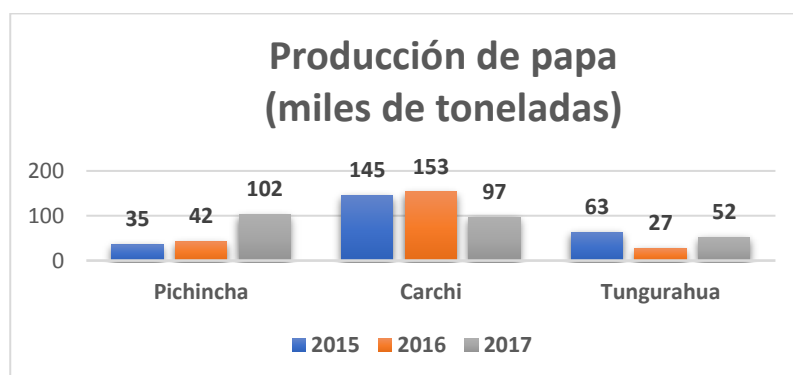


Figura 3. Provincias con mayor producción anual

Fuente: INEC, 2017

Elaborado por Chulde John (2018)

2.2.3.5. Los fertilizantes en la producción

El uso de fertilizantes en cultivos es muy importante ya que de ello depende la productividad, sin embargo, existen factores que pueden perjudicar la producción, como es el caso de empobrecimiento de nutrientes en el suelo, o elementos que no son asimilables por la planta,

pero que a su vez pueden ser regenerados mediante una fertilización ya sea orgánica o química para así redimir el estado óptimo del suelo (Vadequímica, 2015). Los biofertilizantes no reemplazan en su totalidad a los fertilizantes químicos, sino que ayudan a que estos sean aprovechados de la mejor manera por las plantas, lo más recomendable es bajar la dosificación en un 30 a 50% de fertilización química, ya sea si se utiliza únicamente biofertilizantes sin retorno de los nutrientes hacia el suelo a través de una fertilización química, estaría generando una pérdida progresiva de la fertilidad del suelo. (Aguado, 2012).

El uso de fosfatos en los fertilizantes químicos causa contaminación ambiental, y para disminuir el uso de estos existe compostas y biofertilizantes que fijan el nitrógeno como el *Azospirillum brasilense* y el *Rhizobium étil*, de igual manera las micorrizas que ayudan a que el fósforo y potasio sea asimilable, ya que trabajan en simbiosis con las plantas ayudando a la nutrición, y a la regeneración del suelo, y para el control de plagas y enfermedades existen productos orgánicos que conllevan a una agricultura orgánica (Morales, s.f.)

2.2.3.6. Como medir la productividad de un cultivo

La productividad es una forma de eficiencia, que es analizada bajo los siguientes aspectos: mediante el rendimiento físico (toneladas por hectárea), e ingreso, costo y ganancia bruta por hectárea, además este parámetro nos permite saber el comportamiento de la cantidad de producto por unidad de suelo (Ríos et al., 2008). El rendimiento por hectárea es muy importante, ya que como factor de productividad se debe considerar la eficiencia del uso de agroquímicos, fertilizantes, mano de obra, equilibrio ecológico, entre otros, y muy probable que teniendo en cuenta todos estos factores se mejore la producción generando mayores cosechas (Hernández, s.f.)

2.2.4. EXTRACTO DE ALGAS

Los extractos de *Ascophyllum nodosum* son utilizados como bioestimulantes, pues incentivan a la planta a producir sus propias hormonas, contribuyen en la absorción y translocación de nutrientes presentes en el suelo. Lo anterior trae beneficios como el aumento del crecimiento de la planta, rápida germinación de las semillas, retraso de la senescencia, incremento en la resistencia a enfermedades fúngicas y bacterianas, adaptación a condiciones de estrés, entre otros. Los ingredientes activos que contiene el extracto de *Ascophyllum nodosum* y que permiten

entender su comportamiento y efecto en la planta son: betaínas, manitol, ácido algínico, polifenoles, fucanos y laminarina (Intagri, s.f., p.1).



Figura 4. Alga del género *Ascophyllum nodosum*

2.2.4.1. Historia del alga *Ascophyllum Nodosum*

Desde hace siglos, las zonas agrícolas cercanas al mar utilizaban las algas marinas como fuente valiosa de materia orgánica para fertilizar sus cultivos de frutas y hortalizas. Con el tiempo, se ha demostrado que los productos con extractos de algas marinas, son objeto de atención creciente como complementos nutricionales en los agronutrientes. De todas las algas marinas existentes en el mercado, el alga marina *Ascophyllum nodosum* y sus propiedades, ha sido el más investigado y usado en agricultura. Esta alga, también conocida como Laminaria de Noruega, crece en abundancia en las zonas litorales, áreas periódicamente cubiertas por las mareas altas y bajas (Jisa, 2011. P.1).

2.2.4.2. Beneficios y efectos sobre el suelo:

Estos productos también afectan las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, favoreciendo el crecimiento de los cultivos. Mejora la capacidad de retención de humedad por su alto contenido en fibra y promueve la actividad de microorganismos benéficos del suelo. Estas algas pardas son ricas en poliurónidos como los alginatos y el fucano, donde los agentes gelificantes y quelatantes de estos polisacáridos junto con sus propiedades hidrofílicas hacen estos compuestos importantes en el sector agrícola (p.1).

2.2.4.3. Clasificación de las algas

Se clasifican en tres amplios grupos basándose en su pigmentación: pardas, rojas y verdes, que reciben los nombres botánicos de feofíceas, rodofíceas y clorofíceas, respectivamente. Las algas pardas suelen ser grandes, con longitudes que varían desde los 20 metros, que frecuentemente alcanza el cochayuyo, hasta los 2-4 metros de las algas gruesas y correosas o hasta los 30-60 cm de especies menores. Las algas rojas suelen ser menores, con una longitud de unos pocos centímetros a un metro aproximadamente, pero no siempre son rojas, ya que a veces tienen color púrpura, o incluso un rojo pardo, pero los botánicos las clasifican como Rodofitáceas por otras características. Las algas verdes son también pequeñas y su longitud es parecida a la de las rojas. Se suele llamar también a las algas macroalgas, para distinguirlas de las microalgas (Cyanophyceae), que tienen un tamaño microscópico, frecuentemente unicelular y suelen llamarse algas azules-verdes las cuales florecen a veces y contaminan los ríos y lagos de agua (FAO, 2004, p.1)

2.2.4.4. Propiedades extracto de algas “*Ascophyllum nodosum*”

Tabla 8. Efecto de los ingredientes activos de *Ascophyllum nodosum* en las plantas

| Ingrediente activo | Efectos en la planta |
|---------------------------|---|
| Betaínas | Sirven como un soluto que alivia el estrés osmótico inducido por salinidad y sequía y mejoran la clorofila de las hojas. |
| Manitol | Confiere flexibilidad y adaptación a los fenómenos de estrés. Presentan un excelente efecto bioestimulante en plantas y juegan un importante papel en la defensa frente a enfermedades. |
| Polifenoles | Son sustancias con alto poder antioxidante para estabilizar y reforzar las paredes celulares frente al ataque de patógenos y son a su vez sustancias con efecto antimicrobiológico. |
| Laminarias | Estimulan la síntesis de fitoalexinas y suelen ser sustancias con efecto antifúngico. |

| | |
|----------------|--|
| Fucanos | Papel importe en la respuesta al estrés biótico, dado su efecto elicitor en el metabolismo vegetal y la inducción que promueven para la síntesis de sustancias de respuesta. |
|----------------|--|

Fuente: Aguilar (2015).

2.2.4.5. Métodos de aplicación:

De acuerdo a sus presentaciones comerciales, el extracto de *Ascophyllum nodosum* puede aplicarse vía foliar, vía suelo, ambas o en tratamiento a la semilla. Para el caso de vía suelo se puede incorporar en el riego, en fertirriego o en el riego por surcos. Además, se puede aplicar ilimitadamente con otros productos foliares o de aplicación al suelo, siempre cuidando que exista un equilibrio hormonal, por lo que resulta importante planificar las estrategias en términos de tiempo y frecuencia en que se aplica. En síntesis, el uso de extractos de *Ascophyllum nodosum* en la agricultura es una realidad y una promesa. Una realidad, porque sus efectos resultan evidentes cuando se prueban; y una promesa porque en la medida que esta práctica se extienda irán disminuyendo los costos de producción, y en un futuro sustituirá el uso de los productos químicos sintéticos por orgánicos, favoreciendo una agricultura sostenible (Intagri, s.f., p.1).

2.2.4.6. Dosis recomendada

- Tratamiento foliar: 1,5 - 3 cc/L agua. Efectuar 3 o 4 tratamientos dejando transcurrir de 10 a 15 días entre ellos. Posteriormente realizar tratamientos adicionales cada 3-4 semanas.
- Hortalizas (fertiirrigación): 4 litros/Ha (3-4 tratamientos) (Agromed, s.f., p.1)

2.2.5. MICROORGANISMOS SOLUBILIZADORES DE FÓSFORO

El empleo de bacterias promotoras del crecimiento vegetal, principalmente las solubilizadoras de fosforo, pueden reducir el uso de fertilizantes químicos. La utilización de géneros bacterianos con mayores potencialidades de uso como *Pseudomonas* y *Bacillus* unido a aislados promisorios de *Azospirillum* y *Herbaspirillum* en cultivos como arroz y café permitiría reducir a largo plazo el uso de productos químicos en la agricultura, así como desarrollar estrategias agronómicas que preserven el medio ambiente. El éxito de estos inoculantes bacterianos depende de la selección de cepas autóctonas eficientes por tipo de suelo, su capacidad de colonizar la rizosfera y de mantener la actividad biológica (Restrepo et al., 2015, p.63).

Las bacterias transforman los fosfatos insolubles a formas solubles por la acción de diferentes mecanismos directos o indirectos. Entre ellos se destacan: a) la acción de ácidos orgánicos producidos por microorganismos b) quelación de los elementos responsables de la insolubilidad de los fosfatos presentes y c) asimilación directa de fosfatos insolubles por microorganismos que lo acumulan en sus células y los liberan posteriormente (p.69).

2.2.5.1. Microorganismos solubilizadores de fósforo en el suelo

Este elemento es muy esencial para el crecimiento vegetal constituyendo el 0,2% del peso seco de la planta, para que sea aprovechable por las plantas es necesario que el pH del suelo sea 6,5. En la producción agropecuaria la disponibilidad del fósforo es cada vez más limitada por la insuficiencia de sus fuentes naturales, escasez edáfica, retención por parte del suelo y por su baja movilidad, es por esto que es necesario la aplicación de fertilizantes fosforados al suelo con el fin de reemplazar la alta demanda de fósforo por parte de las plantas (Beltrán, 2014).

2.2.6. MICORRIZAS

2.2.6.1. Definición

A las micorrizas arbusculares (MA) se las conoce también como endomicorrizas que se caracterizan por ser bioestimulantes radiculares que mantienen beneficio mutuo entre el hongo y las raíces de las plantas incrementando la productividad y a la vez reducir el uso de fertilizantes químicos, constituyéndose una alternativa para mantener una agricultura sostenible y amigable con el ambiente (Agrobiológicos, 2017).

Las micorrizas (del griego myces, hongo y rhiza, raíz) representan la asociación entre algunos hongos (micobiontes) y las raíces de las plantas (fitobiontes). En esta asociación, la planta le proporciona al hongo carbohidratos (azúcares, producto de su fotosíntesis) y un microhábitat para completar su ciclo de vida; mientras que el hongo, a su vez, le permite a la planta una mejor captación de agua y nutrientes minerales con baja disponibilidad en el suelo (principalmente fósforo), así como defensas contra patógenos. Ambos, hongo y planta, salen mutuamente beneficiados, por lo que la asociación se considera como un “mutualismo” (Camargo, Montaña, De la Rosa, y Montaña, 2012, p.4).

2.2.6.2. Función de las Micorrizas

La función principal de la micorriza es facilitarle a la planta la adquisición y absorción de agua, fósforo y nitrógeno, principalmente; sin embargo, esta asociación proporciona otros beneficios a las plantas, entre los que destacan: la protección ante el ataque de parásitos, hongos patógenos y nemátodos, influyendo en la producción de sustancias defensivas por parte de la misma planta, la limitación de la absorción de metales pesados tóxicos como el zinc y el cadmio que son alojados en sus hifas, aumento del área de exploración de la raíz, lo que incrementa el flujo de agua del suelo a la planta (p.5-6)

2.2.6.3. Características generales de Safer Micorrizas

Tabla 9. Características generales de micorrizas (MA)

| CARACTERÍSTICAS | COMPOSICIÓN |
|---------------------------------|--|
| Especies | <i>Glomus fasciculatum, Scutellospora heterogama, Glomus mosseae, Glomus manihotis, Acaulospora rugosa y Entrophospora colombiana.</i> |
| Sustratos | Suelos desinfectado libre de microorganismos patógenos. |
| pH | 5.0 – 6.0 |
| Humedad gravimétrica | Máximo 15% |
| % Raíces colonizadas | Mínimo 70% |
| Concentración de esporas | 300 esporas/gramo |
| Índice de diversidad | 6 |
| Promedio Vida útil | 2 años conservando en ambiente fresco y seco |
| Presentación | Bulto de 10 y 50 kilogramos. |

Fuente: (Agrobiológicos, 2017).

2.2.6.4. Descripción y Modo de acción

Las MA Contienen esporas, micelio y propágulos (raicillas colonizadas, micelio libre y esporas), que facilitan el crecimiento y desarrollo de las plantas al establecer una simbiosis entre el hongo y las raíces de las plantas, beneficiando a la mayoría de los cultivos de importancia económica al hacerlos más eficientes en la absorción de nutrientes, toma de agua, tolerancia a condiciones de estrés como salinidad, suelos ácidos y/o básicos y compactación, igualmente protege a las raíces contra el ataque de hongos fitopatógenos radiculares y nemátodos. Las Safer micorrizas son productos comerciales con base en micorrizas arbusculares de los géneros Glomus, Acaulospora, Scutellospora y Entrophospora mostrando sus beneficios en el desarrollo radicular y productivo de las plantas.

2.2.6.5. Ventajas de Safer Micorrizas

- Estas contienen más de 300 esporas/gramo de sustrato, siendo un producto de mayor concentración de esporas y especies.
- La vida útil es aproximadamente de 24 meses.
- Sus raicillas son de 1 a 5 cm de largo, muy importantes para realizar inoculaciones más eficientes en los sistemas radiculares de las plantas hospedadas.
- Permite la conservación de las esporas y propágulos que estén presentes en el suelo.
- Genera sustancias glomalinas, tipo de glucoproteínas que permiten la formación de agregados en el suelo.
- Reduce el uso de fertilizantes químicos.
- Mejor relación costo/beneficio/calidad del mercado (Agrobiológicos, 2017).

III.METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

3.1.1. Enfoque

La presente investigación es de carácter cuantitativa, donde se evaluó las variables de emergencia, altura, diámetro, número de tallos, número de tubérculos, peso de tubérculos, y rendimiento. Con la finalidad de verificar las alternativas de fertilización con extracto de algas, microorganismos solubilizadores de fósforo y micorrizas en el cultivo de papa.

3.1.2. Tipo de Investigación

La presente investigación se realizó en campo, y se utilizó un diseño experimental de Bloques Completamente al Azar (DBCA), para el análisis estadístico de los resultados obtenidos. La información para la realización de esta investigación fue respaldada a través de libros, tesis y revistas científicas. El sitio donde se llevó a cabo el estudio fue en la Finca Experimental “San Francisco” Cantón Huaca – provincia del Carchi.

3.2. HIPÓTESIS O IDEA A DEFENDER

3.2.1. Hipótesis Afirmativa (Ha)

Ha: Las Alternativas de fertilización para el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) con el empleo de Microorganismos solubilizadores de fósforo, Micorrizas y Extracto de algas en el Cantón Huaca, aumentan la producción.

3.2.2. Hipótesis Nula (Ho)

Ho: Las Alternativas de fertilización para el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) con el empleo de Microorganismos solubilizadores de fósforo, Micorrizas y Extracto de algas en el Cantón Huaca, no aumentan la producción.

3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 10. Definición y operacionalización de variables

| HIPÓTESIS | VARIABLES | DEFINICION | DIMENSIONES | INDICADORES | TÉCNICAS | INSTRUMENTO |
|---|---|--|---|--|--|---|
| Las Alternativas de fertilización para el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) con el empleo de microorganismos solubilizadores de fósforo, micorrizas y extracto de algas en el Cantón Huaca, mejoran la producción. | Variable Independiente: Biofertilización con microorganismos solubilizadores de fósforo, micorrizas y extracto de algas | Los microorganismos solubilizadores de fósforo, micorrizas y extracto de algas son muy indispensables para el suelo, ya que facilitan la solubilidad del fósforo y la absorción de nutrientes que se encuentran en el suelo. | Extracto de algas: Bioestimulante que favorece el desarrollo del sistema radical y foliar. | Aplicación de 5cc/litro cada 15 días desde el desarrollo hasta la floración como recomienda la casa comercial. | Fumigación foliar a cada planta | Bomba de fumigar manual |
| | | | Fosfotíc: Complejo de microorganismos solubilizadores de fósforo edáfico. | Aplicación de 5cc/litro a la siembra, retape y aporque de acuerdo a la casa comercial. | Inoculación al suelo y planta | Bomba de fumigar manual |
| | | | Micorrizas: Bioestimulante radicular para incrementar productividad de plantas y reducir el uso de fertilizantes. | En época de siembra, se incorporó 10g/planta de acuerdo a la dosis establecida por la casa comercial. | Inoculación al suelo | Balanza electrónica |
| | VARIABLE DEPENDIENTE: Rendimientos del Cultivo de papa | Cosecha y clasificación de tubérculos en primera, segunda y tercera. | Emergencia de plantas | A los 20 días después de la siembra, in situ se observó y contabilizó de forma manual las plantas que emergieron para determinar el porcentaje de emergencia. | Observación, conteo y registro in situ | Libro de campo |
| | | | Altura de planta | Se realizó seis veces desde su desarrollo hasta la floración, con la ayuda de un flexómetro se mide desde el nivel del suelo hasta la yema apical cada 15 días en las plantas a evaluar, expresando la toma en cm. | Observación, Medición y registro in situ | Cinta métrica, flexómetro, Libro de campo |

| | | | | | |
|--|--|--|---|---|--|
| | | | <p>Diámetro de tallo</p> <p>Con un Calibrador o Pie de rey, se mide a 2cm del suelo el tallo etiquetado durante 6 veces, cada 15 días desde el desarrollo hasta la floración, y expresando los datos en centímetros.</p> | <p>Observación, Medición y registro in situ</p> | <p>Calibrador (pie de rey), Libro de campo</p> |
| | | | <p>Número de tallos</p> <p>Se realizó el conteo de tallos tres veces desde la etapa de desarrollo hasta la floración en las seis plantas de la parcela neta.</p> | <p>Observación, conteo y registro in situ</p> | <p>Libro de campo</p> |
| | | | <p>Clasificación de tubérculos</p> <p>Se clasificaron los tubérculos una vez realizada la cosecha de acuerdo al calibre, siendo este en primera, segunda o tercera.</p> | <p>Observación y clasificación</p> | <p>Bandejas</p> |
| | | | <p>Numero de tubérculos por planta</p> <p>Una vez clasificados los tubérculos se realizó el conteo de primera, segunda y tercera de las 6 plantas de la parcela neta.</p> | <p>Observación, conteo y registro</p> | <p>Libro de campo, ficha de registros</p> |
| | | | <p>Peso de tubérculos por planta</p> <p>De acuerdo al calibre se realiza el pesaje de las 6 plantas de la parcela neta expresando los datos en kilogramos.</p> | <p>Observación, pesaje y registro</p> | <p>Balanza, ficha de registros</p> |
| | | | <p>Rendimiento</p> <p>Una vez realizado la respectiva clasificación, número y peso de tubérculos, llevamos dichos valores a t/ha⁻¹ y así llevar los rendimientos a costos de producción por hectárea, también se calcula la utilidad neta de cada tratamiento, sacamos el análisis económico costo beneficio y determinamos cuál de los tratamientos dio mejor rentabilidad.</p> | <p>Observación</p> | <p>Ficha de registros, computadora</p> |

3.4. MÉTODOS UTILIZADOS

3.4.1. Localización del experimento

El ensayo fue implantado en el Centro Experimental San Francisco-UPEC, cuya área utilizada fue de 480 m². A una altitud de 2780 msnm, con una temperatura promedio de 12,7°C, la humedad relativa del 78% y una precipitación promedio anual de 779 - 1200 mm.

3.4.2. Tratamientos

A continuación, se presenta cada uno de los tratamientos propuestos con su respectiva descripción.

Tabla 11. Tratamientos de estudio y descripción

| Tratamiento | Composición | Descripción |
|-------------|--|---|
| T1 | 100% NPK | Fertilización del agricultor de la zona 135 kg ^{ha} ⁻¹ N - 335 kg ^{ha} ⁻¹ P – 225 kg ^{ha} ⁻¹ K |
| T2 | 100% NPK + Fosfotíc | Fertilización del agricultor de la zona 135 kg ^{ha} ⁻¹ N -335 kg ^{ha} ⁻¹ P – 225 kg ^{ha} ⁻¹ K + (Fosfotíc) Complejo de bacterias solubilizadoras de fósforo (BSF) |
| T3 | 100% NPK + Safer micorrizas | Fertilización del agricultor de la zona 135 kg ^{ha} ⁻¹ N - 335 kg ^{ha} ⁻¹ P -225 kg ^{ha} ⁻¹ K + 10g/planta de Micorrizas (Safer Micorrizas – MA). |
| T4 | 100% NK + 75 % P + Fosfotíc + Safer micorrizas | Fertilización 135 kg ^{ha} ⁻¹ N – 251,25 kg ^{ha} ⁻¹ P – 225 kg ^{ha} ⁻¹ K + BSF + 10g/planta (MA). |
| T5 | 100% NK + 50 % P | Fertilización 135kg ^{ha} ⁻¹ N – 167,5 kg ^{ha} ⁻¹ P – 225 kg ^{ha} ⁻¹ K |
| T6 | 100% NK + 25 % P + Safer micorrizas | Fertilización 135 kg ^{ha} ⁻¹ N – 83,75 kg ^{ha} ⁻¹ P – 225 kg ^{ha} ⁻¹ K + 10g/planta (MA). |
| T7 | 100% NPK + Extracto de algas | Fertilización del agricultor de la zona 135 kg ^{ha} ⁻¹ N – 335 kg ^{ha} ⁻¹ P – 225 kg ^{ha} ⁻¹ K + 5cc/l de Seaweed Extract |
| T8 | Extracto de Algas | 5cc/l de Seaweed Extract |

3.4.3. Características del diseño experimental

Se realizó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), conformado por ocho tratamientos y cuatro repeticiones, dando un total de 32 unidades experimentales, cada unidad experimental consta por 30 plantas con una densidad de siembra de 1m entre planta y 0,50m entre surco.

Tabla 12. Características del diseño experimental

| Diseño de bloques completo al azar | Dimensiones |
|--|--------------------|
| Área total del experimento | 480 m ² |
| Unidad experimental | 15 m ² |
| Parcela neta | 3 m ² |
| Distancia entre surcos | 1m |
| Distancia entre plantas | 0,5m |
| Número de tratamientos | 8 |
| Número de repeticiones | 4 |
| Número de unidades experimentales | 32 |
| Tubérculos semilla por unidad experimental | 30 |

3.4.4. Esquema del análisis estadístico

Tabla 13. Representación del análisis de la varianza

| FUENTE DE VARIACIÓN | FÓRMULA | GRADOS DE LIBERTAD |
|----------------------------|----------------|---------------------------|
| Total | (Tr-1) | 31 |
| Tratamientos | (T-1) | 7 |
| Repeticiones | (r-1) | 3 |
| Error experimental | (T-1)(r-1) | 21 |

3.4.5. Distribución de las unidades experimentales

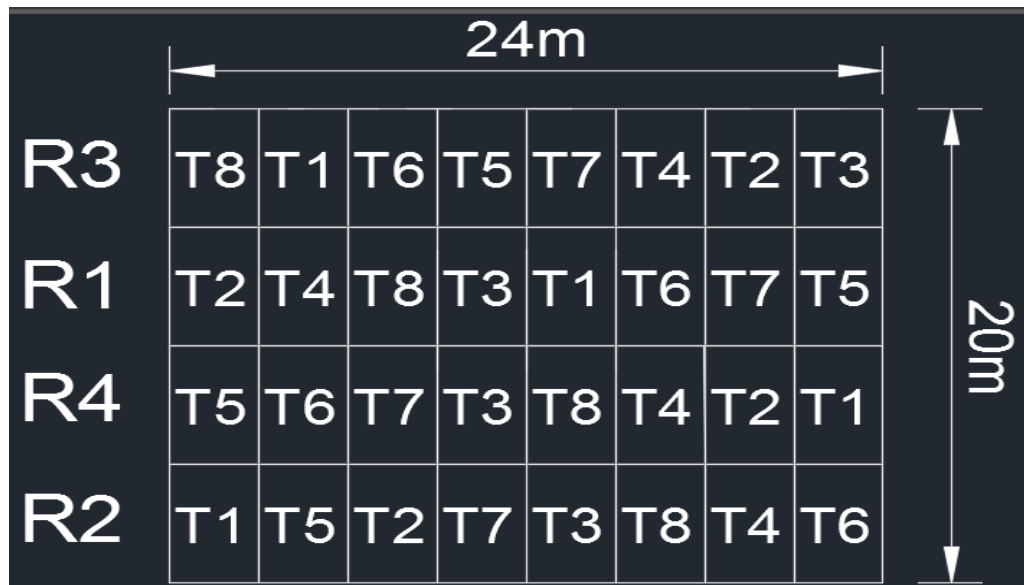


Figura 5. Distribución de las unidades experimentales

3.4.6. Selección de unidades experimentales (plantas)

Las unidades experimentales estaban conformadas por 30 plantas, seis de ellas centrales fueron destinadas para la toma de datos (parcela neta), teniendo en cuenta el efecto de borde.

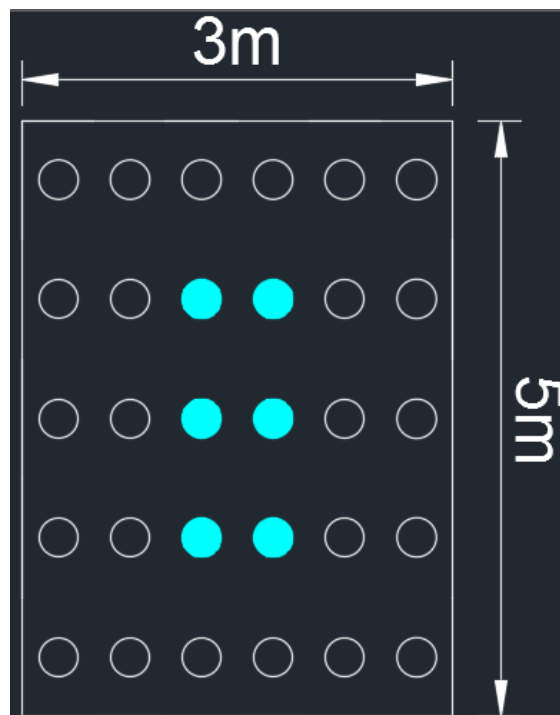


Figura 6. Unidad experimental y parcela neta a evaluar

3.4.7. Variables evaluadas:

a) Emergencia de plantas (Porcentaje)

A los 20 días posteriores a la siembra, In situ se observó y se realizó el conteo manual de las plantas que emergieron en cada parcela, para realizar un promedio por tratamiento y llevar a porcentaje

b) Inoculación de biofertilizantes

Extracto de algas: Con una bomba de fumigar se aplicó 5cc/litro cada 15 días desde el desarrollo hasta la floración como recomienda la casa comercial.

Bacterias solubilizadoras de fósforo: Aplicación de 5cc/litro a la siembra, retape y aporque de acuerdo a la casa comercializadora, con la ayuda de una bomba de fumigar

Micorrizas: Al momento de la siembra, se incorporó 10g/planta de acuerdo a la dosis establecida por la casa comercial.

c) Altura de la planta

Se realizó seis veces desde su desarrollo a la floración, las mediciones se tomaron desde el nivel del suelo hasta la yema apical en la planta etiquetada, cada 15 días con la ayuda de un flexómetro, expresando los datos en centímetros.

d) Diámetro de tallos

A 2cm del suelo se mide el diámetro del tallo etiquetado durante seis veces cada 15 días desde el desarrollo hasta la floración, ayudados de un calibrador y expresando los datos en centímetros.

e) Número de tallos

De cada una de las seis plantas de la parcela neta se contó el número de tallos tres veces desde la etapa de desarrollo hasta la floración, de forma manual.

f) Clasificación de tubérculos

Una vez realizada la cosecha de las seis plantas de la parcela neta se clasificó los tubérculos tomando como referencia el calibre de clasificación desarrollada por Pumisacho y Velásquez, siendo la categoría en primera, segunda y tercera.

g) Número total de tubérculos por planta

Al finalizar la clasificación de los tubérculos se realizó el conteo de primera, segunda y tercera de forma manual de las seis plantas de la parcela neta.

h) Rendimiento de cosecha a los 173 días después de la siembra

A los 173 días posteriores a la siembra, en la cosecha, teniendo en cuenta la clasificación de calibre se procede a registrar el pesaje tanto de tubérculos de primera, segunda y tercera para llevar dichos valores a t/ha^{-1} para así llevar los rendimientos a costos de producción por hectárea.

i) Costos de producción

Se realizó en base a ingresos y egresos actualizados durante el transcurso de la investigación, estableciendo cual tratamiento es más rentable con análisis costo–beneficio.

3.4.8. Manejo del experimento

• Materiales

Se necesitó lo siguiente:

- ❖ Semilla de papa, variedad Superchola
- ❖ Herramientas de labranza (bomba de fumigar, azadón)
- ❖ Biofertilizantes: (MA), Bacterias solubilizadoras de fósforo, Extracto de algas.
- ❖ Fertilizantes químicos: DAP (18-46-0), Muriato de Potasio (0-0-60); UREA (46-0-0).
- ❖ Fertilización de fósforo al 100% (335 kg/ha^{-1}), al 75% ($251,25\text{ kg/ha}^{-1}$), al 50% ($167,5\text{ kg/ha}^{-1}$), 25% ($83,75\text{ kg/ha}^{-1}$)
- ❖ Equipo de protección (Botas, Overol, Gorra, Guantes, Gafas, Mascarilla)
- ❖ Estacas
- ❖ Rótulos

- ❖ Piola
- ❖ Marcador
- ❖ Esferos
- ❖ Ligas
- ❖ Cuaderno de campo
- ❖ Cinta métrica
- ❖ Calibrador (Pie de rey)
- ❖ Materiales de cosecha (Sacos, Piola, etc.)
- ❖ Fundas plásticas
- ❖ Balanza electrónica
- ❖ Computadora
- ❖ Flash Memory
- ❖ Cámara fotográfica
- ❖ Calculadora

- **Procedimiento**

- a) **Preparación del terreno**

Por los 480 m² de terreno donde se instaló el ensayo se alquiló el tractor por dos horas para la realización de arada y rastrada, y posterior a ello la surcada de forma manual.

- b) **Instalación del ensayo**

Se delimitó con estacas los 480m², donde fueron divididas 32 parcelas, en cuatro repeticiones y ocho tratamientos, cada parcela de 15m² delimitada con cuatro estacas, piola y rótulo para definir el área y diferenciar los tratamientos entre sí.

- c) **Siembra**

Se colocó un tubérculo, calibre segundo de 100g, variedad Superchola cada 50cm entre semilla y a 1m entre surco, con un total de 30 semillas por parcela, y 960 semillas en todo el ensayo, posterior a ello se desinfectó la semilla con *Beauveria bassiana* y *Trichoderma* que son hongos que actúan como controladores biológicos y compost como fertilizante debido a su alto contenido de nutrientes que aportan al suelo, garantizando así una buena germinación del tubérculo.

- d) **Biofertilización**

Al momento de la siembra, dependiendo del tratamiento, se inoculó 10g de Safer micorrizas, una fumigación de fosfotíc con dosis de 5cc/L a la siembra, retape y aporque según lo recomendado por la casa comercial, y una aplicación de extracto de algas con dosis de 5cc/L

vía foliar durante el período de desarrollo hasta la floración con un intervalo de 15 días entre cada aplicación utilizando la bomba de mochila.

e) Retape

Esta labor se realizó a los 20 dds, permitiendo la incorporación de la fertilización química de acuerdo a los tratamientos y un respectivo control de malezas. Para la fertilización química se tomó como referencia la dosis del agricultor de la zona que es 135 kg/ha^{-1} de N – 335 kg/ha^{-1} de P – 225 kg/ha^{-1} de K representando el 100% de la fertilización, para la aplicación del 75% de fósforo fue ($251,25 \text{ kg/ha}^{-1}$), para el 50% del fósforo ($167,5 \text{ kg/ha}^{-1}$), y para la dosis del 25% de fósforo equivale a ($83,75 \text{ kg/ha}^{-1}$). Además, se aplicó la segunda fumigación con fosfotic vía foliar 5cc/L.

f) Medio aporque

Se efectuó a los 50 dds de forma manual, y es la primera alzada de tierra alrededor de la planta. La función es brindarle soporte, aflojar el suelo y controlar las malas hierbas.

g) Aporque

A los 90 días se realizó el aporque que es la misma función del medio aporque, Esta labor da la forma definitiva a los surcos y genera un buen ambiente óptimo para la tuberización. Además, se realizó la tercera aplicación de fosfotic vía foliar 5cc/L de acuerdo a los tratamientos y la respectiva toma de datos tanto de altura, diámetro y número de tallos.

h) Cosecha

Se realizó de forma manual a los 173 dds, cosechando las seis plantas de la parcela neta de cada tratamiento para así realizar la respectiva clasificación por calibre, conteo y pesaje de tubérculos. Los valores son llevados a kg/parcela, posterior a ello mediante cálculos se obtiene en kg/ha^{-1} para así calcular la utilidad neta de cada tratamiento y sacar el análisis costo-beneficio que determinará cuál de los tratamientos planteados tiene mejor rentabilidad.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Emergencia de plantas bajo el efecto de los tratamientos estudiados

En la figura 7 se observa el porcentaje promedio de la emergencia de la parcela experimental, y determina que no existe una diferencia estadística significativa entre tratamientos. A excepción del T2 (100% NPK + Fosfotíc) y T5 (100% NK + 50 % P) que obtuvieron un porcentaje de germinación del 90%, el tratamiento T7 (100% NPK + Extracto de algas) fue el que más se aproximó al 100 % debido a que ciertas plantas presentaron problemas de pudrición, siendo remplazadas a los 20 días durante el retape.

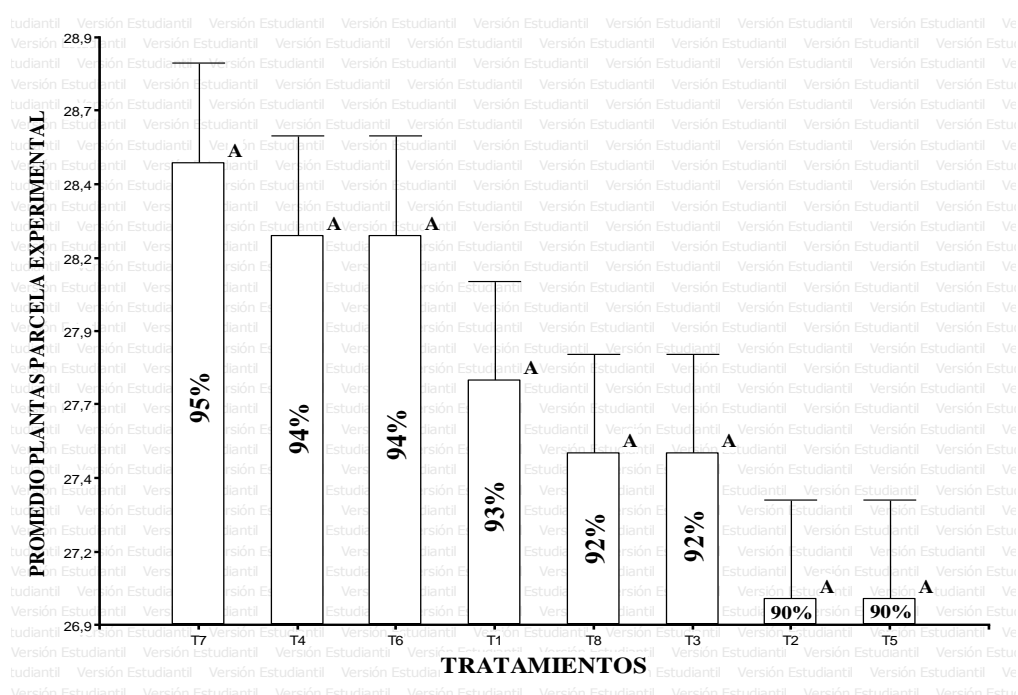


Figura 7. Emergencia de plantas (%) a los 20dds

4.1.2. Altura de planta a los 80 dds

Al realizar el ADEVA (tabla 14) se estableció que en la altura de planta hubo diferencia estadística significativa entre los tratamientos con un valor de $p = 0,0003$.

Tabla 14. ADEVA altura de planta (cm) a los 80 dds

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|-------------|--------|----|---------|------|---------|
| Modelo. | 0,05 | 10 | 0,01 | 5,59 | 0,0005 |
| TRATAMIENTO | 0,04 | 7 | 0,01 | 6,65 | 0,0003 |
| REPETICIÓN | 0,01 | 3 | 2,8E-03 | 3,11 | |
| Error | 0,02 | 21 | 9,1E-04 | | |
| CV | 4,79 % | | | | |
| Total | 0,07 | 31 | | | |

El tratamiento T7 (100% NPK + Extracto de algas) es el que mayor altura obtuvo con un promedio de 70 cm, seguido del tratamiento T3 (100% NPK + Safer micorrizas) con promedio de 66cm. Siendo el más deficiente el tratamiento T2 (100% NPK + Fosfotic) con una altura promedio de 58 cm.

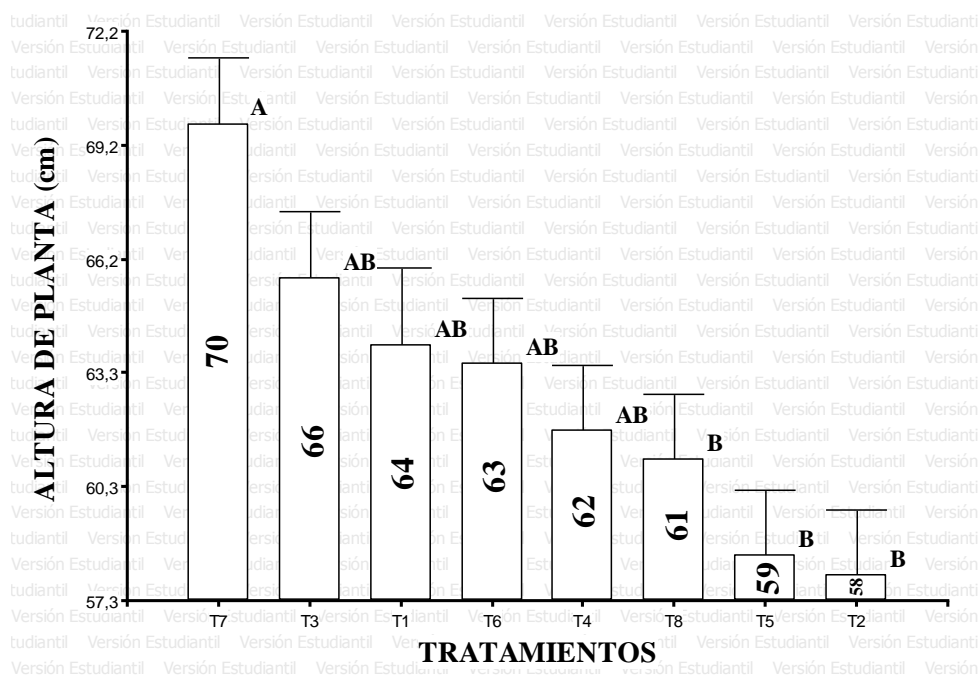


Figura 8. Altura de planta (cm) a los 80 dds

4.1.3. Número de tallos a los 50 dds

Al realizar el respectivo ADEVA (tabla 15) se determinó que si existe diferencias estadísticas significativa entre tratamientos para la variable tallos principales con un valor de $p = 0,0272$

Tabla 15. ADEVA número de tallos a los 50 dds

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|-------------|---------|----|------|------|---------|
| Modelo. | 9,75 | 10 | 0,98 | 2,48 | 0,0381 |
| TRATAMIENTO | 8,00 | 7 | 1,14 | 2,91 | 0,0272 |
| REPETICIÓN | 1,75 | 3 | 0,58 | 1,48 | |
| Error | 8,25 | 21 | 0,39 | | |
| CV | 10,90 % | | | | |
| Total | 18,00 | 31 | | | |

El mayor número de tallos se obtuvo con el tratamiento T7 (100% NPK + Extracto de algas), el cuál registró un promedio de 6,3 tallos/planta, y T4 (100% NK + 75 % P + Fosfotic +

Safer micorrizas), con un promedio de 6,2 tallos/planta, mientras que el tratamiento T6 (100% NK + 25 % P + Safer micorrizas), obtuvo el menor promedio con un valor de 5,0 tallos/planta. Esta diferencia de valor es debido a que el tratamiento T6 carece de ciertos nutrientes y una disminución en dosis de fertilización, lo cual conlleva a que la planta no obtenga una buena emergencia de brotes y desarrollo de tallos.

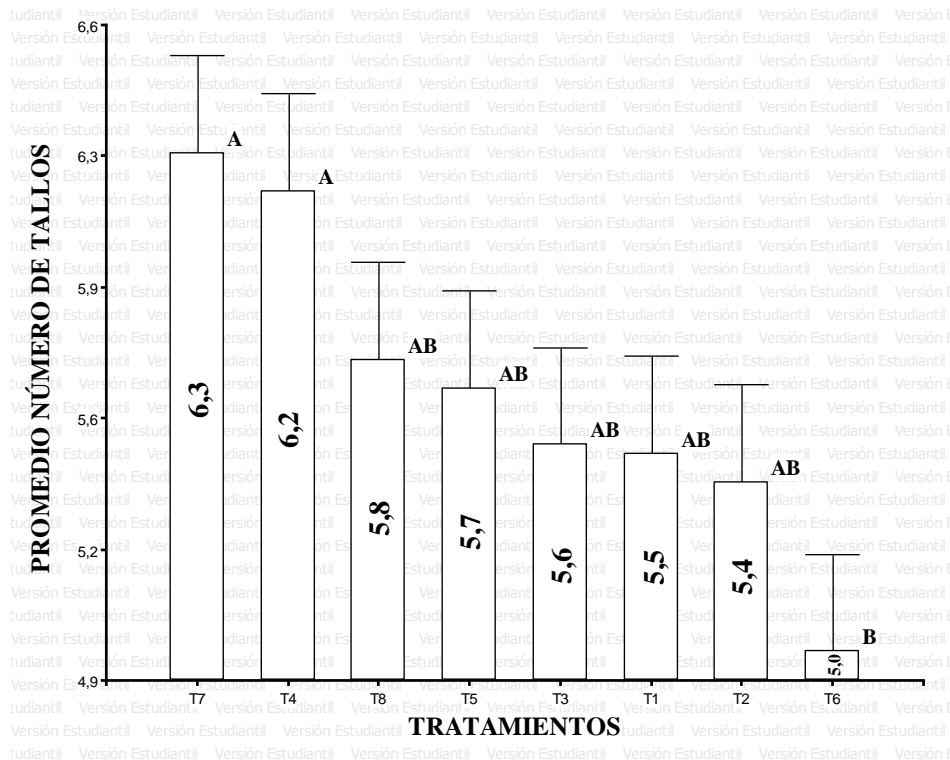


Figura 9. Número de tallos a los 50 dds

4.1.4. Diámetro de tallos a los 80 dds

De acuerdo con el ADEVA correspondiente observamos que no existe diferencia estadística significativa para tratamientos en diámetro de tallo.

Tabla 16. ADEVA diámetro de tallo a los 80 dds

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|-------------|--------|----|------|------|---------|
| Modelo. | 0,07 | 10 | 0,01 | 1,09 | 0,4151 |
| TRATAMIENTO | 0,04 | 7 | 0,01 | 0,99 | 0,4644 |
| REPETICIÓN | 0,02 | 3 | 0,01 | 1,31 | |
| Error | 0,13 | 21 | 0,01 | | |
| CV | 5,46 % | | | | |
| Total | 0,20 | 31 | | | |

En la (figura 10) se observa que no existe una diferencia significativa. El tratamiento T7(100% NPK + Extracto de algas) ocupa el primer lugar con un diámetro de 1,49cm/tallo,

a diferencia de los tratamientos T2 (100% NPK + Fosfotíc), y T5 (100% NK + 50 % P) obtuvieron valores de 1.39; y 1,38cm/tallo respectivamente, ubicándose todos en el rango A.

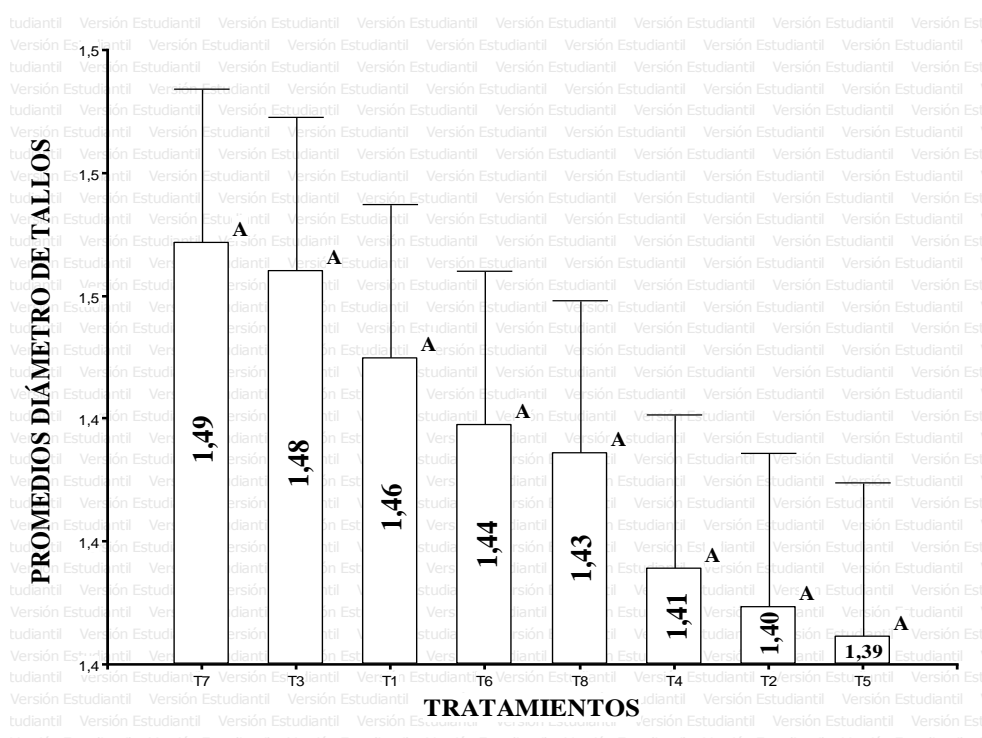


Figura 10. Diámetro de tallo a los 80 dds

4.1.5. Número de tubérculos categoría primera

En el ADEVA (tabla 17) se observa que no existe diferencia estadística significativa entre tratamientos, y presenta un coeficiente de variación de 25,92%. En la figura 11 se puede apreciar el número de tubérculos en cada tratamiento.

Tabla 17. ADEVA número de tubérculos categoría primera

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|--------------|--------------|----|-------------|------|---------|
| Modelo. | 281311173,50 | 10 | 28131117,35 | 0,83 | 0,6059 |
| TRATAMIENTOS | 152260710,50 | 7 | 21751530,07 | 0,64 | 0,7169 |
| REPETICIÓN | 129050463,00 | 3 | 43016821,00 | 1,27 | |
| Error | 711842532,50 | 21 | 33897263,45 | | |
| CV | 25,92 % | | | | |
| Total | 993153706,00 | 31 | | | |

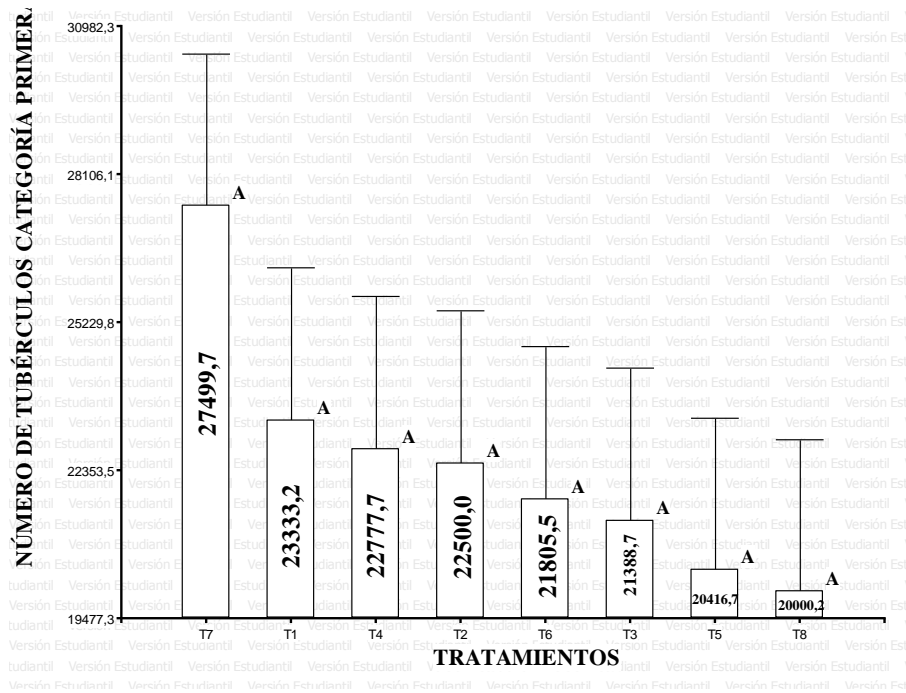


Figura 11. Número de tubérculos categoría primera

4.1.6. Número de tubérculos categoría segunda

En el ADEVA (tabla 18) se observa que no existe diferencia estadística significativa entre tratamientos, y presenta un coeficiente de variación de 22,10%. En la figura 12 se puede apreciar el número de tubérculos en cada tratamiento.

Tabla 18. ADEVA número de tubérculos categoría primera

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|--------------|---------------------|-----------|-------------|----------|----------------|
| Modelo. | 269906898,50 | 10 | 26990689,85 | 1,04 | 0,4482 |
| TRATAMIENTOS | 156743595,88 | 7 | 22391942,27 | 0,86 | 0,5526 |
| REPETICIÓN | 113163302,63 | 3 | 37721100,88 | 1,45 | |
| Error | 546717934,38 | 21 | 26034187,35 | | |
| CV | 22,10 % | | | | |
| Total | 816624832,88 | 31 | | | |

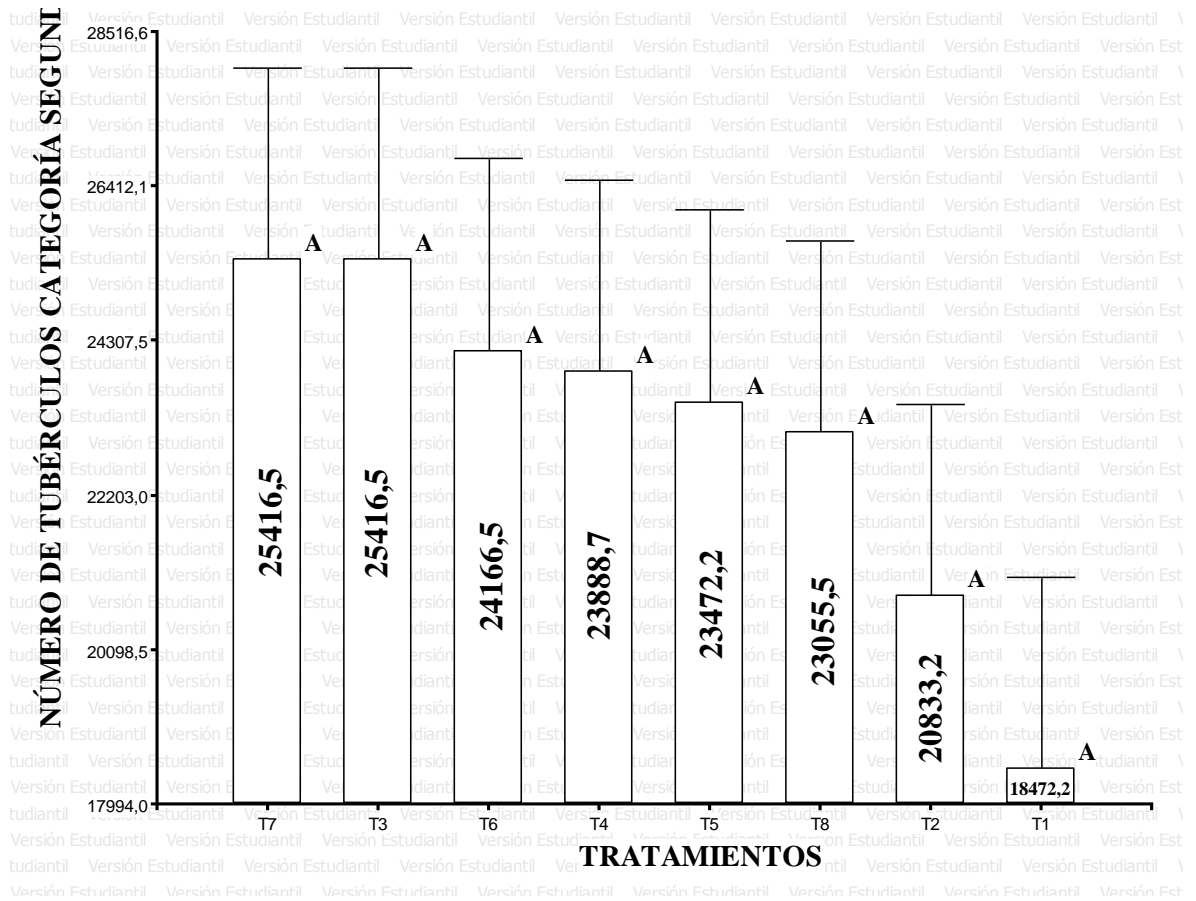


Figura 12. Número de tubérculos categoría segunda

4.1.7. Número de tubérculos categoría tercera

En el ADEVA (tabla 19) se observa que no existe diferencia significativa entre tratamientos, y presenta un coeficiente de variación de 31,83%. En la figura 13 se puede apreciar el número de tubérculos en cada tratamiento.

Tabla 19. ADEVA número de tubérculos categoría tercera

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|--------------|---------------|----|--------------|------|---------|
| Modelo. | 3032651528,56 | 10 | 303265152,86 | 1,91 | 0,1011 |
| TRATAMIENTOS | 868323758,47 | 7 | 124046251,21 | 0,78 | 0,6092 |
| REPETICIÓN | 2164327770,09 | 3 | 721442590,03 | 4,55 | |
| Error | 3328821121,16 | 21 | 158515291,48 | | |
| CV | 31,83 % | | | | |
| Total | 6361472649,72 | 31 | | | |

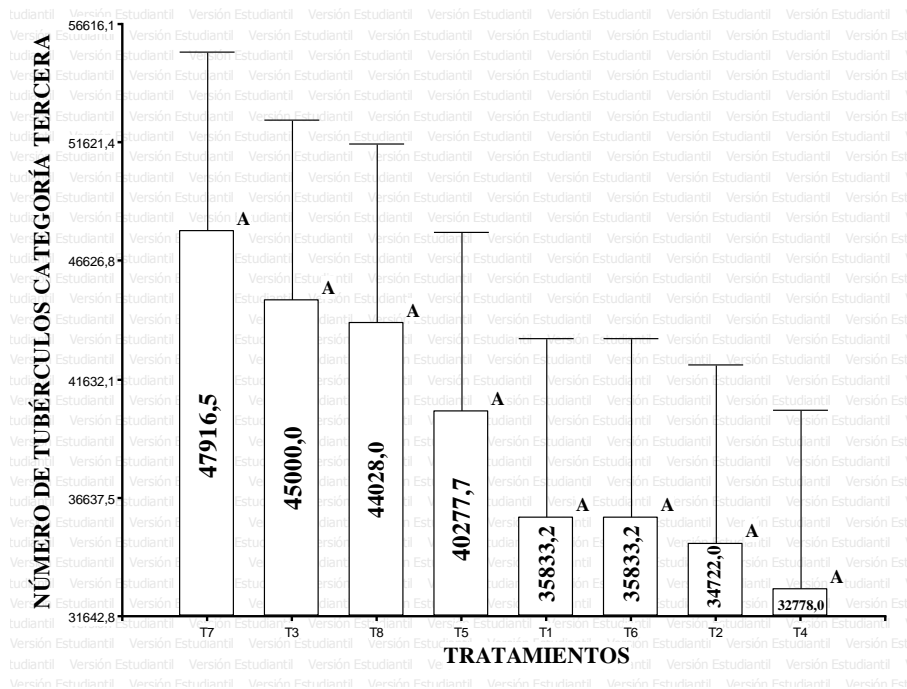


Figura 13. Número de tubérculos categoría tercera

4.1.8. Rendimiento total de cosecha en t/ha⁻¹ a los 173 días después de la siembra

Al realizar el respectivo ADEVA se observa que si existe diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos con un valor $p = 0,0119$ (tabla 20), con un coeficiente de variación de 20,60%.

Tabla 20. ADEVA rendimiento total de cosecha en t/ha⁻¹ a los 173 dds

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|-------------|---------|----|------|------|---------|
| Modelo. | 31,31 | 10 | 3,13 | 3,15 | 0,0129 |
| TRATAMIENTO | 24,47 | 7 | 3,50 | 3,51 | 0,0119 |
| REPETICIÓN | 6,84 | 3 | 2,28 | 2,29 | |
| Error | 20,91 | 21 | 1,00 | | |
| CV | 20,60 % | | | | |
| Total | 52,22 | 31 | | | |

El mejor tratamiento fue el T7 (100% NPK + Extracto de algas) con un valor de 40,70 t/ha⁻¹ ubicándose en el rango A, y el tratamiento más deficiente el T5 (100% NK + 50%P) fue el que menos peso tuvo, dando un valor de 25,38 t/ha⁻¹ ubicándose en el rango B, debido a que la dosis de fósforo reduce a un 50% provocando bajas producciones por déficit de nutrientes. El rendimiento depende tanto de una semilla certificada, como de la fertilización, labores pre-culturales – culturales, y factores climáticos que no pueden ser controlados como la escasez o exceso de agua, heladas y elevadas temperaturas.

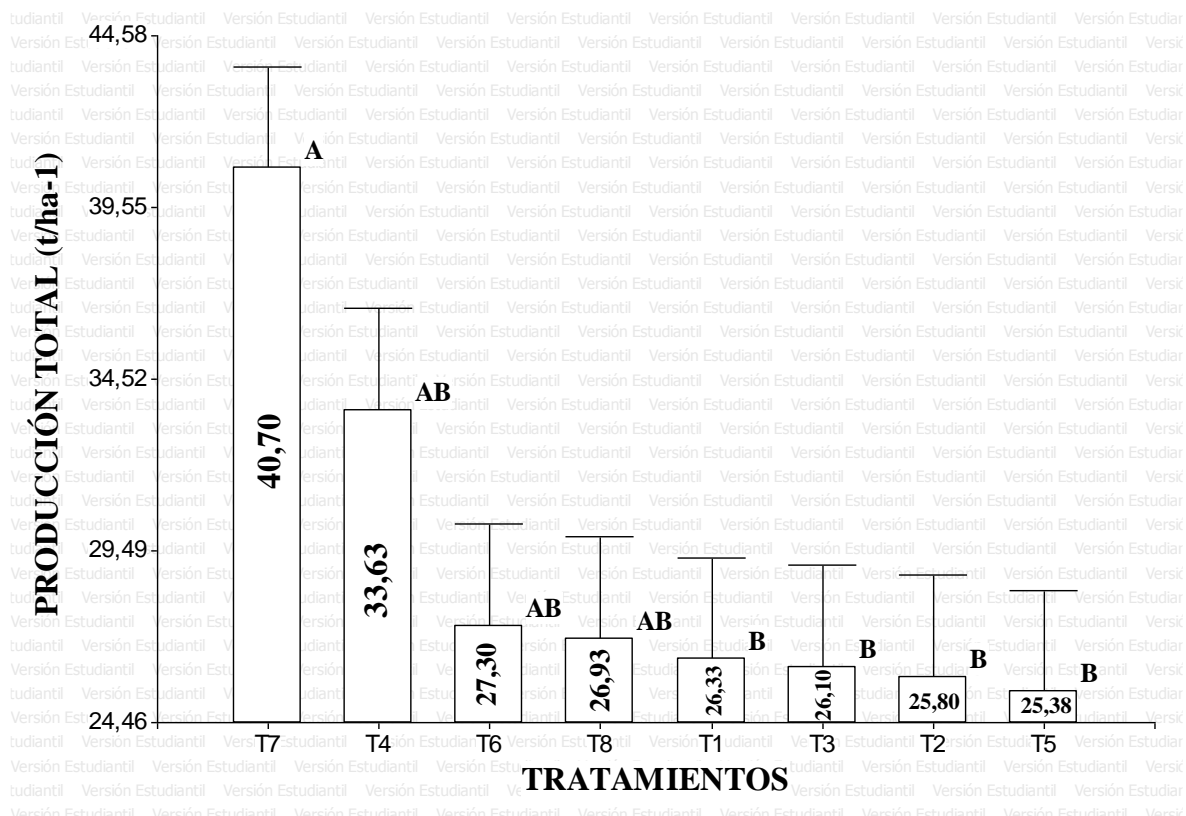


Figura 14. Rendimiento de cosecha total en t/ha⁻¹ a los 173 dds.

4.1.9. Rendimiento de cosecha en t/ha⁻¹ categoría primera

En el rendimiento de cosecha t/ha⁻¹ categoría primera, se observó una alta diferencia significativa entre los tratamientos (tabla 21).

Tabla 21. ADEVA rendimiento de cosecha en t/ha⁻¹ categoría primera

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|-------------|-------|----|------|------|---------|
| Modelo. | 15,99 | 10 | 1,60 | 3,87 | 0,0043 |
| TRATAMIENTO | 13,77 | 7 | 1,97 | 4,76 | 0,0025 |
| REPETICIÓN | 2,22 | 3 | 0,74 | 1,79 | |
| Error | 8,67 | 21 | 0,41 | | |
| CV | 22,93 | % | | | |
| Total | 24,66 | 31 | | | |

En la figura 15 se observa que en el rango A se encuentra el tratamiento T7 (100% NPK + Extracto de algas) como el mejor con una producción de 25,52 t/ha⁻¹, y en el rango B se encuentra el tratamiento T5 (100% NK + 50 % P) con un valor de 13,69 t/ha⁻¹, siendo muy deficiente comparado a los otros tratamientos. En la figura 16 se observa cuanto rendimiento presenta la categoría primera comparado al total de la producción

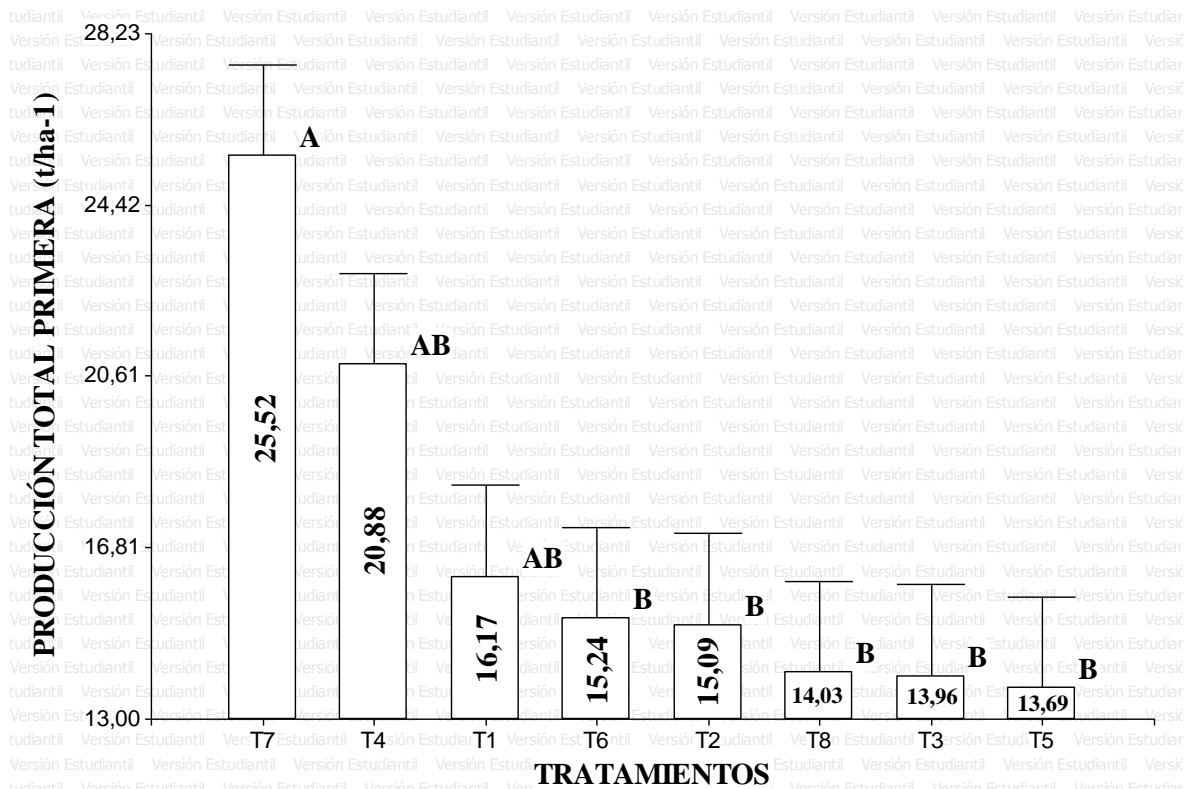


Figura 15. Rendimiento de cosecha en t/ha^{-1} categoría primera

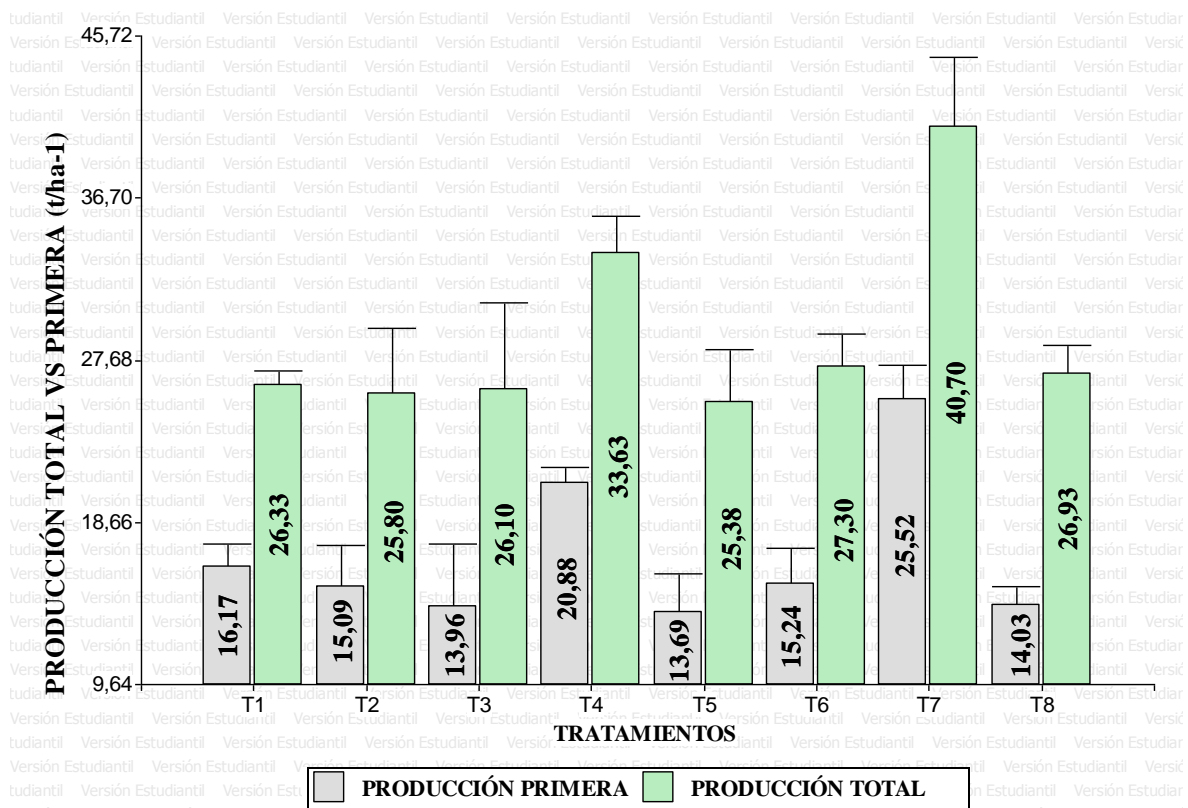


Figura 16. Rendimiento de cosecha en t/ha^{-1} categoría primera vs total

4.1.10. Rendimiento de cosecha en t/ha⁻¹ categoría segunda

En el rendimiento de cosecha t/ha⁻¹ categoría segunda, no presentó diferencia significativa entre los tratamientos (tabla 22).

Tabla 22. ADEVA rendimiento de cosecha en t/ha⁻¹ categoría segunda

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|-------------|---------|----|------|------|---------|
| Modelo. | 1,10 | 10 | 0,11 | 1,53 | 0,1975 |
| TRATAMIENTO | 0,80 | 7 | 0,11 | 1,58 | 0,1960 |
| REPETICIÓN | 0,31 | 3 | 0,10 | 1,41 | |
| Error | 1,51 | 21 | 0,07 | | |
| CV | 21,41 % | | | | |
| Total | 2,62 | 31 | | | |

En la figura 17 se observa el mejor tratamiento el T7 (100% NPK + Extracto de algas), presentando una producción de 9,01 t/ha⁻¹ ubicándose en el rango A, y en el rango B, el de menor índice T1 (100% NPK) con un valor de 5,94 t/ha⁻¹. En la figura 18 está representado la producción categoría segunda vs el total.

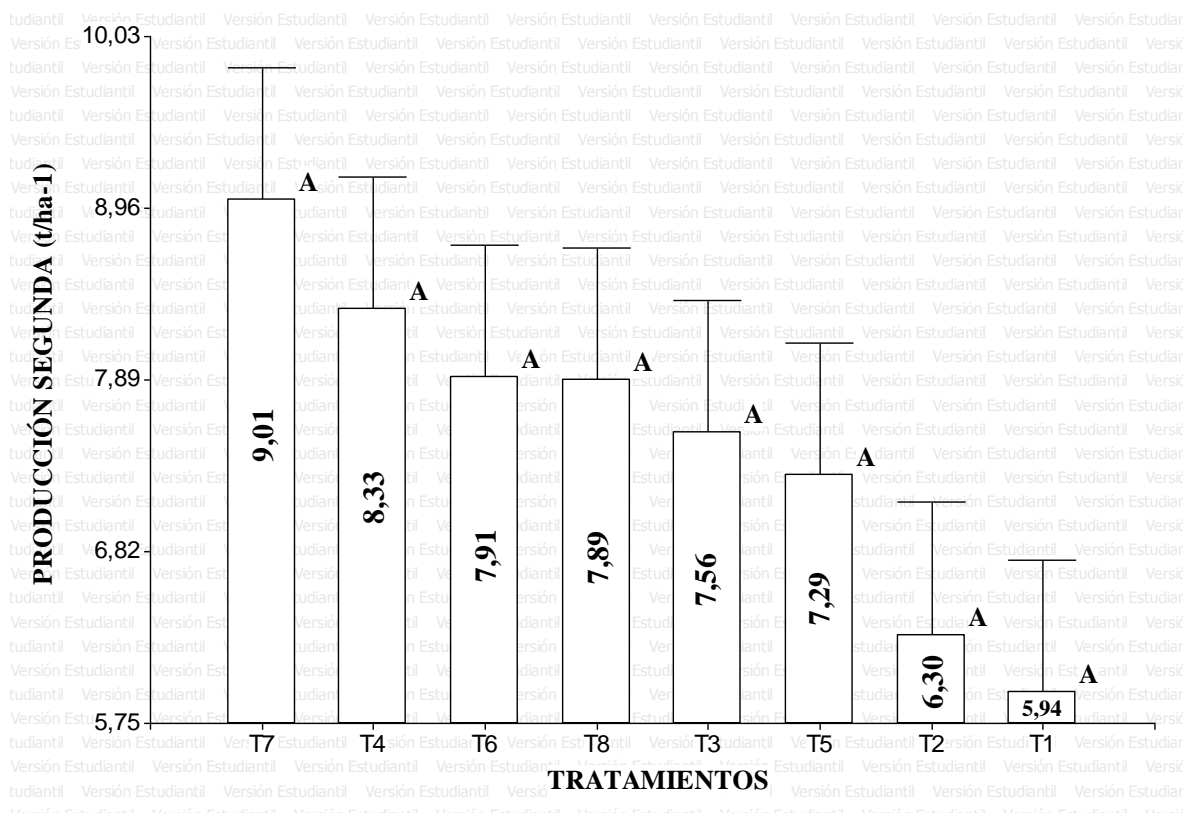


Figura 17. Rendimiento de cosecha en t/ha⁻¹ categoría segunda

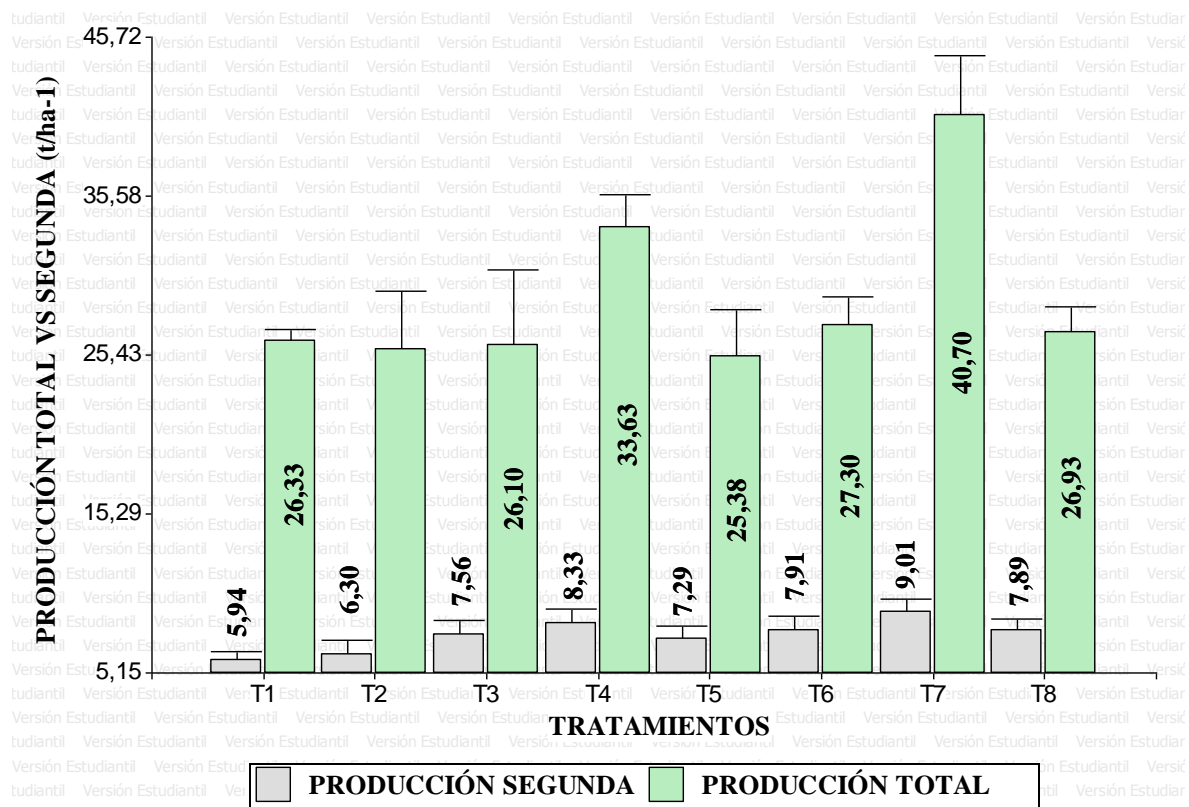


Figura 18. Rendimiento de cosecha en t/ha⁻¹ categoría segunda vs total

4.1.11. Rendimiento de cosecha en t/ha⁻¹ categoría tercera

En el rendimiento de cosecha t/ha⁻¹ categoría tercera, no hubo diferencia significativa entre los tratamientos (tabla 23).

Tabla 23. ADEVA rendimiento de cosecha en t/ha⁻¹ categoría tercera

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|--------------|---------|----|------|------|---------|
| Modelo. | 1,08 | 10 | 0,11 | 1,76 | 0,1317 |
| TRATAMIENTOS | 0,35 | 7 | 0,05 | 0,81 | 0,5900 |
| REPETICIÓN | 0,74 | 3 | 0,25 | 3,99 | |
| Error | 1,29 | 21 | 0,06 | | |
| CV | 31,89 % | | | | |
| Total | 2,37 | 31 | | | |

En la figura 19 se observa que existe un solo rango A. En la siguiente figura 20 se hace una comparación de la producción tercera vs el total.

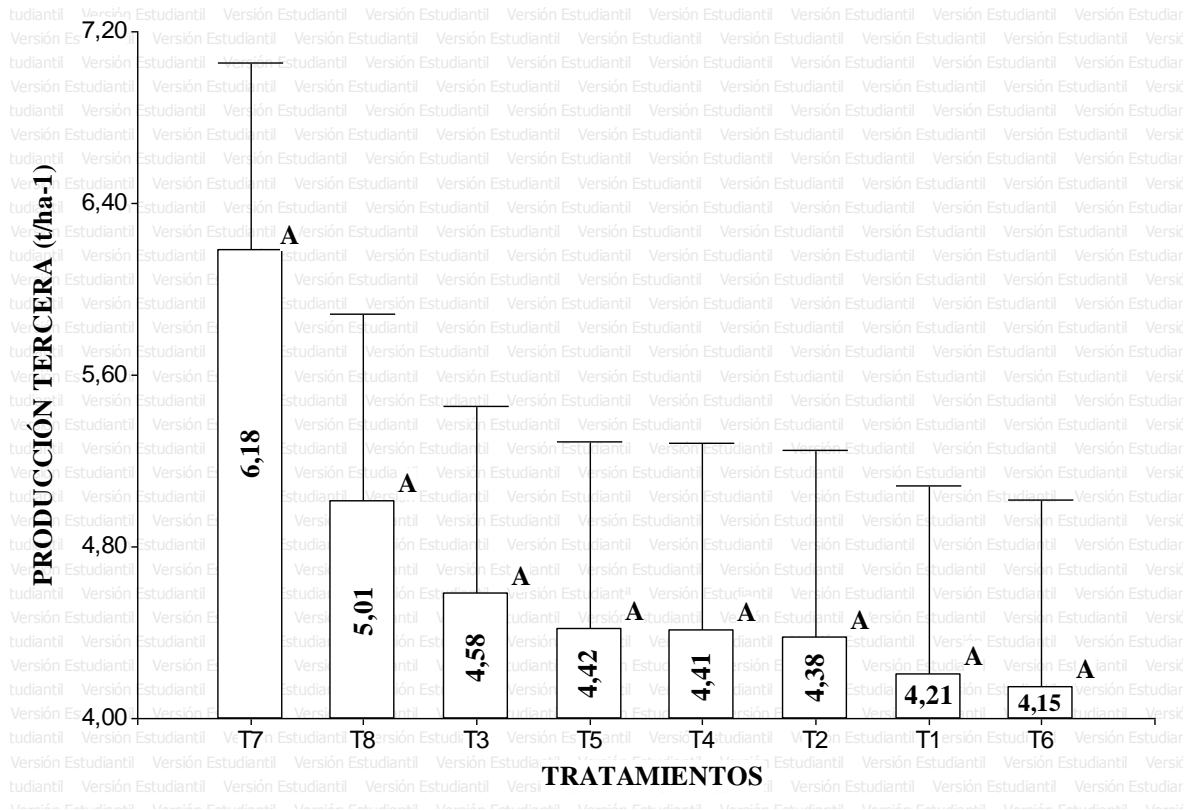


Figura 19. Rendimiento de cosecha en t/ha⁻¹ categoría tercera

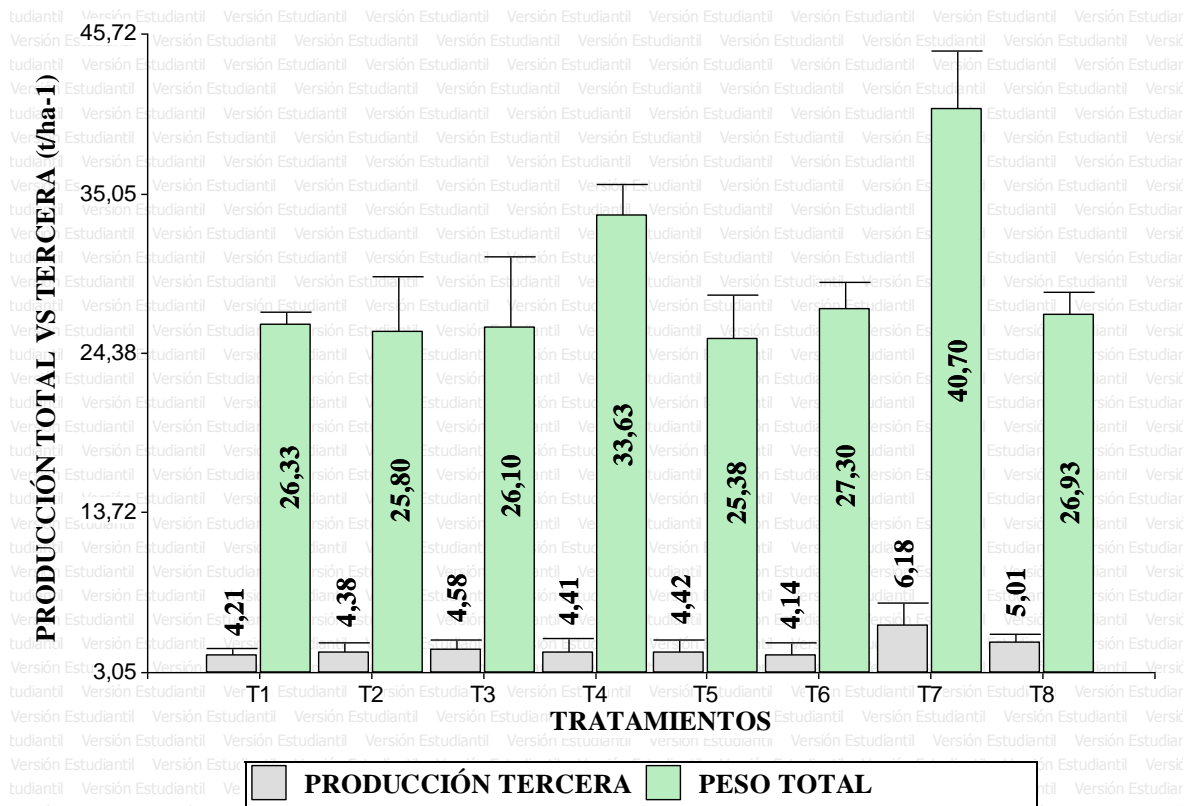


Figura 20. Rendimiento de cosecha en t/ha⁻¹ categoría tercera vs total

4.1.12. RELACIÓN COSTO – BENEFICIO

En la tabla 24 se observa el análisis económico de cada uno de los tratamientos evaluados, el tratamiento T7 (100% NPK + Extracto de algas), presenta una relación costo/beneficio de 0,05 dólares, lo que muestra que por cada dólar invertido existe una pérdida de 95 centavos, debido a que el precio en el mercado desciende a \$5 dólares. Pero si se hace una proyección promedio del precio desde el mes de enero hasta septiembre, sería de \$11,18 obteniendo una rentabilidad de 15 centavos por cada dólar invertido, y más aún si el precio aumenta a \$20 dólares en el mercado, el tratamiento T7 (100% NPK + Extracto de algas) sobresale comparado a los demás tratamientos, con un valor de \$1,72 dólares de ganancia por cada unidad invertida, es decir que este tratamiento es el que mejor rentabilidad presenta.

Tabla 24. Relación Costo – Beneficio de cada tratamiento

| Tratamientos | Costo total por tratamiento | Producción (ton/ha) | Venta \$5 | Utilidad (\$5) | Costo / Beneficio (\$5) | Costo / Beneficio (\$11,18) | Costo / Beneficio (\$20) |
|---------------------|--|--------------------------------|----------------------|---------------------------|--|--|---|
| T1 | 4770,37 | 26,33 | 2895,10 | -1113,84 | -0,23 | 0,52 | 1,59 |
| T2 | 4856,15 | 25,80 | 2834,62 | -1248,27 | -0,26 | 0,46 | 1,49 |
| T3 | 4957,85 | 26,10 | 2871,29 | -1299,27 | -0,26 | 0,45 | 1,48 |
| T4 | 4997,64 | 33,63 | 3698,20 | -506,66 | -0,10 | 0,81 | 2,12 |
| T5 | 4597,70 | 25,38 | 2794,28 | -1065,81 | -0,23 | 0,52 | 1,59 |
| T6 | 4679,39 | 27,30 | 3002,40 | -928,11 | -0,20 | 0,59 | 1,73 |
| T7 | 5033,38 | 40,70 | 4477,45 | 241,77 | 0,05 | 1,15 | 2,72 |
| T8 | 4112,27 | 26,93 | 2961,15 | -480,47 | -0,12 | 0,77 | 2,04 |

4.2. DISCUSIÓN

Realizado el ADEVA, en el porcentaje de germinación, no presentó diferencias estadísticas significativas ya que se utilizó semilla certificada la cual garantiza una germinación y emergencia uniforme obteniendo altos rendimientos.

El uso de Extracto de algas + 100%NPK y Safer Micorrizas +100%NPK presentaron valores superiores en altura con respecto a otros tratamientos, estos resultados coinciden con lo manifestado por Espinoza, (2005) quien mediante el uso de extracto de algas obtuvo un aumento de la radícula de las plantas y la longitud del tallo a semillero de tomate y Barrer, (2009) en su investigación del uso de MA como alternativa para la agricultura concluye que éstas contribuyen a mejorar el nivel nutricional de la planta, reflejándose en el crecimiento y follaje de la planta.

Ante los resultados de diámetro y número de tallos es claro que el Extracto de algas + 100%NPK sobresale con resultados de 1,49 cm/tallo y 6,3 tallos/planta respectivamente, coincidiendo con Almeida, (2014) que obtiene 7 tallos promedio mediante el uso de extracto de algas, ácidos omegas y silicio.

Los resultados de producción total obtenidos en el tratamiento T7 (100% NPK + Extracto de algas) se debe a que los extractos de algas posee más de 60 nutrientes, especialmente NPK, calcio, magnesio, micronutrientes, aminoácidos, citoquininas, giberelinas y auxinas promotoras de crecimiento que benefician tanto al suelo como a las plantas incrementando rendimientos y la calidad de las cosechas, todo esto coincidiendo con Canales, (1999) quien en su investigación acerca del uso de Enzimas-Algas en la producción agrícola obtuvo un incremento en la cosecha del 36% con frutos de calidad, aplicación algas marinas vía foliar y suelo logrando así reducir el uso de fertilizantes químicos.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Las nuevas alternativas en el cultivo de papa con microorganismos solubilizadores de fósforo, micorrizas y extracto de algas si influyen en la productividad del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) de la variedad Superchola
- Dentro de las alternativas, el tratamiento que presentó mayor número de tallos fue T7 (100% NPK + Extracto de algas), y a la vez el que mayor rendimiento de peso categoría primera obtuvo ubicándose en el rango A con una producción de 25,52 t/ha⁻¹, seguido del tratamiento T4 (100% NK + 75 % P + Fosfotic + MA), con valor de 20,88 t/ha⁻¹, y en rango B está el tratamiento T5 (100% NK + 50 % P), con una cantidad en producción de 13,69 t/ha⁻¹.
- De acuerdo al análisis económico de la investigación, a partir de los resultados obtenidos en cada uno de los tratamientos después de la cosecha, se determinó que el mejor tratamiento es el T7 (100% NPK + Extracto de algas), el cual presenta el mayor costo beneficio de \$2,72 que nos dice que por cada dólar invertido se gana \$1,72

5.2. RECOMENDACIONES

- Continuar investigando estas alternativas en otras variedades de papa para ver si se obtienen los mismos resultados, y a la vez ver el comportamiento de los biofertilizantes en el suelo, teniendo en cuenta las dosis empleadas en esta investigación.
- Realizar investigaciones en las que hagan uso Extracto de algas, Micorrizas y Bacterias solubilizadoras de fósforo para reducir el uso de fertilizantes químicos, con el fin de incrementar los rendimientos, conservar la flora microbiana, producir alimentos sanos para los consumidores y disminuir los costos de producción.
- Siendo estos productos amigables con el ambiente, a diferencia de los productos convencionales, se recomienda que el agricultor vaya adoptando este tipo de alternativas ya que obtendrá mejores rendimientos y papas de mejor calidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Actualitix, (10 de enero de 2016). Papa – Producción (toneladas). *Actualitix-World Atlas-Statistics by country*. Recuperado de <https://es.actualitix.com/pais/wld/papa-paises-productores.php>
- Agrobiológicos. (2017). Micorrizas. *Agrobiológicos-Safer*. Recuperado de <http://safer.com.co/producto/micorrizas/>
- Agromed. (s.f.). Abonos Ecológicos. G-A2 Extracto de algas. *AGROORGÁNICOS MEDITERRÁNEO*. Recuperado de <http://www.agromed.net/ga2-extracto-algas.php>
- Aguado, G. (2012). *Introducción al uso y manejo de ls biofertilizantes en La Agricultura*. Celeya, Guanajuato, México: CIRCE-INIFAP.
- Aguilar, J. (2015, 4 de Mayo). Algas marinas para la agricultura de alto rendimiento. *Interempresas*. Recuperado de <http://www.interempresas.net/Horticola/Articulos/136576-Algas-marinas-para-la-agricultura-de-alto-rendimiento.html>.
- Almeida, J. (2014). “*Efecto de formulaciones biológicas (micorrizas y activadores biológicos) y formulación química (omega 3, 6, 9 más extracto de algas marinas y silicio) en el aprovechamiento del fósforo no soluble del suelo, por parte del cultivo de papa (Solanum tuberosum. L) variedad superchola en la parroquia González Suárez, cantón Tulcán, provincia del Carchi, Ecuador.*” (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica Estatal del Carchi. Tulcán.
- Alvarado, A., Iturriaga, I., Smyth, J., Portuguez, E., & Ureña, J. (2009). Efecto residual del fertilizante fosfatado adicionado al cultivo de papa en un andisol de Jun Viñas, Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 33(1), 63-76.
- Arzuaga, S., Fernandez, C., Dalurzo, H., y Vázquez, S. (2005). Fósforo total, fósforo orgánico y fosfatasa ácida, en Entisoles, Alfisoles y Vertisoles de Corrientes con diferentes usos agrícolas. *Comunicaciones Científicas y Tecnológicas 2005*.
- Barrios, M., Sandoval E., Camacaro O., y Borges J. (2010). Importancia del fósforo en el complejo suelo-animal. *Mundo Pecuario*. 1(2), 151-156. Recuperado de

<http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/31337/articulo4.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

- Beltrán, M. (2014). La solubilización de fosfatos como estrategia microbiana para promover el crecimiento vegetal. *Corpoica Cienc. Tecnol. Agropecu*, 15(1), 101-113.
- Bobadilla, C. y Rincón, S. (2008). *Aislamiento y producción de bacterias fosfato solubilizadoras a partir de compost obtenido de residuos de plaza*. (tesis de grado). Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá.
- Camargo, S., Montaña , N., De la Rosa, C., & Montaña , S. (2012). Micorrizas: Una gran unión debajo del suelo. *Revista Digital Universitaria*. 13 (7), 1-19.
- Canales, B. (2000). Enzimas-Algas: posibilidades de su uso para estimular la producción agrícola y mejorar los suelos. *TERRA*, 17(3), 271-276.
- Carro, R., y González, D. (2012). *Productividad y Competitividad*. Universidad Nacional de Mar del Plata. Argentina: AO. Administración de las Operaciones.
- Cepeda, M. (2008). *Prueba a nivel de invernadero y determinación de la sobrevivencia de un biofertilizante producido a partir de bacterias solubilizadoras de fósforo utilizando un medio de cultivo alternativo*. (Tesis de pregrado). Escuela Politécnica del Ejército. Salgolquí, Ecuador.
- Conpes. (2009). *Política nacional para la racionalización del componente de costos de producción asociados a los fertilizantes en el sector agropecuario*. Bogotá, Colombia: DNP.
- 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). *Centro Internacional de la Papa*. p.203
- Espinoza, R., Higino, F., Hernández, E. R., Morales , B., Félix, A., . . . Ortega, L. (2016). Macroalgas como componente en el sustrato para producción de plántula de albahaca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. Núm. (17), 3543-3555.
- FAO, (2004). *Puntos más salientes de los estudios especiales de la FAO*. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/007/y5600s/y5600s07.htm>

- FAO, (2008). *Legado Andino*. Recuperado de: <http://www.fao.org/potato-2008/es/lapapa/origenes>.
- FAO, (2010). *La papa un alimento con tradición, nutrición y sabor*. Recuperado de: <http://coin.fao.org/coin-static/cms/media/6/12880327433890/recetariocorregidobajaresolucionfinal.pdf>
- Fernández, C., Ferraris, G. (2007). Fósforo en suelos bajo producción agrícola: factores que determinan cambios en su disponibilidad. Una aplicación a suelos del Litoral y de la Región Pampeana Argentina. *Miscelánea*. 1(107), 28-35.
- Fernández, M. (2006). El papel de la solubilización de fósforo en los biofertilizantes microbianos, *ICIDCA*. No(2), 27-34.
- Fixen, P. (sin fecha). Dinámica del Fósforo en el suelo y en el cultivo en relación al manejo de los fertilizantes fosfatados. *Researchgate*. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Paul_Fixen/publication/228551560_dinamica_del_fosforo_en_el_suelo_y_en_el_cultivo_en_relacion_al_manejo_de_los_fertilizantes_fosfatados/links/54948a990cf29b944820ff62.pdf
- Gallegos, P., Montenegro, F., Falconí, C., y Velasteguí, R. (2011). *El cultivo de papa*. Quito: Edifarm.
- Hernández, F. (sin fecha). Productividad en la Agricultura. [Mensaje en un blog]. Recuperado de http://www.agro-tecnologia-tropical.com/productividad_agricultura.php
- Hernández, R. (2014). *Aprovechamiento de las Macroalgas como sustrato para la emergencia y crecimiento de plantula de albahaca, (Ocimum basilicum L)*. (Tesis de pregrado). Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz.
- Huacanes, J. (2017). *Evaluación de paquetes tecnológicos, en el cultivo de papa (Solanum tuberosum) variedad "Ruby" para proceso industrial, en el Centro Experimental San Francisco*. (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica Estatal del Carchi. Ecuador.

- INEC, (2017). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua*. Recuperado de http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac_2017/Presentacion_Principales_Resultados_ESPAC_2017.pdf
- INEC, (2017). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua*. Recuperado de http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac_2017/Informe_Ejecutivo_ESPAC_2017.pdf
- Intagri. (s.f.). Uso de Extractos de Algas (*Ascophyllum nodosum*) como bioestimulantes en Agricultura. *INTARI*. Recuperado de <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/uso-de-extractos-de-ascophyllum-nodosum>
- Jisa. (12 de septiembre de 2011). *Ascophyllum Nodosum*. *Jiloca Industrial, S.A.* Recuperado de <https://www.fertilizantesyabonos.com/ascophyllum-nodosum/>
- Mastrocola, N., Pino, G., Mera, X., Rivadeneira, J., Monteros, C., y Cuesta, X. (2016). *Catálogo de variedades de papa del Ecuador, FAO - INIAP*. Quito – Ecuador: Miscelánea.
- Montesdeoca, F., Panchi, N., Navarrete, I., Pallo, E., Yumisaca, F., Taípe, A., y Andrade-Piedra, J. (Abril de 2013). *Guía fotográfica de las principales plagas del cultivo de papa en Ecuador*. Quito-Ecuador. INIAP-CIP.
- Morales, M. (s.f.). *Los biofertilizantes. Una alternativa productiva, económica y sustentable*. Recuperado de http://www.pa.gob.mx/publica/rev_36/Marcel%20Morales%20Ibarra.pdf
- Negrete, M. (2011). *Evaluación del efecto de dos tipos de fertilización en los rendimientos del cultivo de papa (Solanum tuberosum) en Pichincha – Ecuador*. (tesis de pregrado). Universidad San Francisco de Quito.
- Prada, L. (2013). *Identificación de ácidos orgánicos causantes de la solubilización de fósforo inorgánico sintetizados por actinomicetos*. (tesis magistral). Universidad Nacional de Colombia. Bogotá-Colombia.

- Pumisacho, M., & Sherwood, S. (Ed). (2002). *El cultivo de papa en el Ecuador*. Quito-Ecuador. INIAP-CIP.
- Pumisacho, M., & Velásquez, J. (Ed). (2009). *Manual del cultivo de papa para pequeños productores*. Quito, Ecuador: INIAP-COSUDE.
- Restrepo, M., Moreno, S., Pérez, Y., Díaz, A., Baldani, V., y Hernández, A. (2015, enero-abril). Bacterias solubilizadoras de fosfato y sus potencialidades de uso en la promoción del crecimiento de cultivos de importancia económica. *CENIC Ciencias Biológicas*. 46(1), 63-67.
- Ríos, J., Torrez, M., Flores, S., Cantú, J., Hernández, M., y Valdéz, E.(2008). Producción, Productividad y Rentabilidad de Maíz Forrajero(*Zea mays*) en la lagunda de 1990 a 2006. *Chapingo Serie Zonas Áridas*, 7, 139-144.
- SACSA, (14 de septiembre de 2015). Importancia de los nitratos y fosfatos en las plantas. *Servicios Agropecuarios de la Costa*. Recuperado de <http://www.gruposacsa.com.mx/importancia-de-los-nitratos-y-fosfatos-en-las-plantas/>
- Torres , L., Cuesta, X., Monteros, C., & Rivadeneira, J. (Diciembre de 2011). Variedades. *International Potato Center*. Recuperado de https://cipotato.org/press_room/blogs/variedades/.
- Vadequímica. (8 de junio de 2015). La importancia de los fertilizantes químicos. [Mensaje de un blog]. Recuperado de <https://www.vadequimica.com/blog/2015/06/la-importancia-de-los-fertilizantes-quimicos/>
- Valverde, F., Córdova, J. y Parra R. (1998). *Fertilización del cultivo de papa*. Quito-Ecuador: INIAP.
- Vidal, C. (30 de Noviembre de 2008). El monocultivo y sus consecuencias. *Ecoclimático*. Recuperado de <http://www.ecoclimatico.com/archives/el-monocultivo-y-sus-consecuencias-822>.
- Yépes, V. (4 de diciembre de 2013). Porqué es tan importante la productividad. [Mensaje de un blg]. Recuperado de <https://victoryepes.blogs.upv.es/2013/12/04/productividad>

ANEXOS

Anexos I. Recursos económicos empleados en la investigación

| COSTOS DE PRODUCCIÓN POR HECTÁREA | | | | |
|--|----------|------------------|-----------------|----------------|
| CONCEPTO | CANTIDAD | UNIDAD DE MEDIDA | PRECIO UNITARIO | TOTAL |
| 1.- COSTOS DIRECTOS | | | | |
| Mano de Obra: | | | | |
| Surcado | 10 | Jornal | 13 | 130 |
| Siembra/fertilización | 10 | Jornal | 13 | 130 |
| Deshierbas/aporque | 10 | Jornal | 13 | 130 |
| Fumigación | 10 | Jornal | 15 | 150 |
| Cosecha/acarreo | 30 | Jornal | 13 | 390 |
| | | | | 930 |
| SEMILLA | | | | |
| Variedad Superchola | 2272,5 | kg | 0,64 | 1454,40 |
| FERTILIZANTES | | | | |
| 18-46-0 (DAP) | 728,26 | kg | 0,62 | 451,52 |
| 0-0-60 (Muriato de potasio) | 375 | kg | 0,5 | 187,5 |
| 46-0-0 (UREA) | 6,96 | kg | 0,48 | 3,34 |
| Fosfotíc | 2 | L | 18 | 36 |
| Micorrizas | 200 | kg | 0,6 | 120 |
| Compost | 1200 | kg | 0,15 | 180 |
| Extracto de algas | 5 | L | 4,9 | 24,5 |
| Calcio Boro | 2 | L | 10,4 | 20,8 |
| Agrostemin | 2000 | g | 0,013 | 26 |
| Power K | 2 | L | 6 | 12 |
| Quino K | 3 | L | 10 | 30 |
| Nectar plus | 1 | L | 5 | 5 |
| QuinoBoro | 1000 | gr | 0,01 | 10 |
| | | | | 1106,66 |
| FITOSANITARIOS | | | | |
| Insecticida (Beauveria bassiana) | 1000 | g | 0,014 | 14 |
| Engeo(Lambdacialotrina+Tiametoxan) | 1 | L | 84,5 | 84,5 |
| Agrin 25 (Cypermctrina) | 2 | L | 8,5 | 17 |
| Lorsban | 2 | l | 13 | 26 |
| Trichotic(Trichoderma) | 2 | L | 15 | 30 |
| Euro(dimetomorf+Mancozeb) | 5 | kg | 9,5 | 47,5 |
| Curalancha (Cymoxanil+Mancozeb) | 8 | kg | 4,3 | 34,4 |
| Cosan(Azufre) | 8 | 500g | 4,5 | 36 |
| Gladiator (Acephate)Insecticida | 400 | g | 0,02 | 8 |
| Avalon(Abamectina) | 500 | ml | 0,06 | 30 |
| Fijafi | 300 | ml | 0,018 | 5,4 |
| | | | | 332,8 |
| MAQUINARIA/EQUIPOS/MATERIALES | | | | |
| Arada/rastra/surcado | 6 | hora | 25 | 150 |
| POSCOSECHA | | | | |
| Empaques | 814 | qq | 0,2 | 162,8 |
| Transporte | 600 | qq | 1 | 600 |
| | | | | 912,80 |
| I.- SUBTOTAL COSTOS DIRECTOS | | | | 4736,66 |

| | | | | |
|---|---|-------|----|----------------|
| II.- SUBTOTAL COSTOS INDIRECTOS | | | | |
| Administración/asistencia téc. (10%) | | | | 473,67 |
| Costo Financiero (12% anual por 6 meses) | | | | 284,20 |
| Renta de la tierra (20 USD ha/mes- 6 meses) | 6 | MESES | 20 | 120 |
| | | | | 877,87 |
| TOTAL COSTOS DE PRODUCCION (\$/Ha.) | | | | 5614,53 |
| Rendimiento (qq) | | | | 814 |
| Precio unitario (\$/qq) | | | | 20 |
| Ingreso Bruto (Total (\$) | | | | 16280 |
| Utilidad Neta Total (\$) | | | | 10665,47 |
| Relación:Beneficio/Costo(B/C) | | | | 1,90 |
| Rentabilidad (%) | | | | 189,96 |
| Costo de producción por unidad (\$/qq) | | | | 6,90 |

Elaborado por: Chulde, A. (2018)

Anexos 2. Análisis de suelo



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI
FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES
ESCUELA DE AGROPECUARIA
LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS
TULCÁN - ECUADOR



REPORTE DE ANÁLISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO

Nombre: John Alex Chulde M.
Dirección: San Gabriel
Ciudad: San Gabriel
Teléfono: 0985211008
e-mail: alexitto94222@gmail.com

DATOS DE LA PROPIEDAD

Nombre: Finca Experimental San Francisco
Provincia: Carchi
Cantón: Huaca
Parroquia: Sector la Rancherita

DATOS DEL LOTE

Cultivo Actual: Papa
Cultivo Anterior: Haba
Superficie: 480 m²

PARA USO DEL LABORATORIO

Nº Muestra Lab.: SFA 18201-18240
Fecha de muestreo: 14/12/2017
Fecha de ingreso: 15/12/2017
Fecha de salida: 19/01/2018

| Nutriente | Valor | Unidad |
|-----------|--------|--------------------|
| N | 0,22 | % |
| P | 15,29 | ppm |
| K | 361,24 | ppm |
| Ca | 235,49 | ppm |
| Mg | 30,69 | ppm |
| Fe | 311,05 | ppm |
| Cu | 4,91 | ppm |
| Zn | 5,95 | ppm |
| pH | 5,31 | ácido |
| CE | 251,43 | μS/cm ² |
| Humedad | 37,32 | % |
| MO | 4,44 | ppm |


RESPONSABLE DE LABORATORIO



Anexos 3. Delimitación del terreno e identificación de tratamientos



Elaborado por: Chulde, A. (2018)

Anexos 4. Adición de gallinaza y micorriza



Elaborado por: Chulde, A. (2018)

Anexos 5. Siembra y desinfección de semilla Superchola



Elaborado por: Chulde, A. (2018)

Anexos 6. Pesaje de abono en balanza analítica



Elaborado por: Chulde, A. (2018)

Anexos 7. Adición de abono en cada uno de los tratamientos



Elaborado por: Chulde, A. (2018)

Anexos 8. Fertilización



Elaborado por: Chulde, A. (2018)

Anexos 9. Medio aporque y aporque



Elaborado por: Chulde, A. (2018)

Anexos 10. Fumigación química y orgánica



Elaborado por: Chulde, A. (2018)

Anexos 11. Medición de altura y diámetro



Elaborado por: Chulde, A. (2018)

Anexos 12. Conteo de tallos y cosecha



Elaborado por: Chulde, A. (2018)

Anexos 13. Pesaje y clasificación de tubérculo



Elaborado por: Chulde, A. (2018)