

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 biol de producción local, microorganismos solubilizadores de fósforo y extracto de algas en la Comunidad de Canchaguano, Montúfar, Carchi.”

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

AUTOR (a): Steven Marcelo Flores Ayala

TUTOR (a): Ing.: Segundo Ramiro Mora Quilismal MSc.

TULCÁN- ECUADOR

2019

CERTIFICADO JURADO EXAMINADOR

Certificamos que el/la estudiante Steven Marcelo Flores Ayala con el número de cédula 0401878855 ha elaborado el trabajo de titulación: “Alternativas de fertilización para el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum L.*) con el empleo de biol de producción local, microorganismos solubilizadores de fósforo y extracto de algas en la Comunidad de Canchaguano, Montúfar, Carchi”.

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 Quilismal MSc.
Tulcán, 23 de enero del 2019

.....

Ing.: David Herrera MSc.

AUTORÍA DE TRABAJO

El presente trabajo de titulación constituye requisito previo para la obtención del título de Ingeniero en Desarrollo Integral Agropecuario de la Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales.

Yo, Steven Marcelo Flores Ayala con cédula de identidad número 0401878855 declaro: que la investigación es absolutamente original, autentica, personal. Los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.

.....
Steven Marcelo Flores Ayala
CI. 0401878855

Tulcán, 23 de enero del 2019

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Steven Marcelo Flores Ayala declaro ser autor 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 biol de producción local, microorganismos solubilizadores de fósforo y extracto de algas en la Comunidad de Canchaguano, Montúfar, Carchi” y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

.....

Steven Marcelo Flores Ayala

CI. 0401878855

Tulcán, 23 de enero del 2019

AGRADECIMIENTO

A, Dios, en quien he puesto mi vida y me ha llevado por el camino del bien, manteniéndome en pie para el avance en mis estudios y mi vida profesional.

Con mucho cariño a mis abuelitos y a mis padres por todas las enseñanzas, esfuerzo y sacrificios que me han brindado para lograr uno de mis grandes sueños de ser un profesional.

A mis tíos, gracias por apoyarme siempre, por confiar en mí y estar a mi lado en situaciones de felicidad y tristeza.

Gracias a todos mis amigos y personas que me ayudaron a formarme profesionalmente, especialmente al Ing.: Ramiro Mora por el don de gente, quien a más de ser un buen maestro me brindo todos sus conocimientos.

DEDICATORIA

Al culminar una meta más en mi vida y reflejar el fruto de arduo trabajo propuesto en esta investigación, quiero dedicar con mucho amor:

A mis queridos abuelitos (Carlos, Aida, Julio, Elvia), padres (Marcelo y Martha) quienes con su cariño y amor mantuvieron siempre sus esperanzas en mí, apoyándome en las buenas y malas situaciones, dedicando su tiempo, enseñándome cada uno de los caminos para seguir adelante y ser una persona de bien.

A mis tíos quienes me brindaron el apoyo incondicional y respaldo para seguir adelante en mi vida estudiantil.

A mis hermanos: Dixon y Samantha, dedico incondicionalmente dicho trabajo demostrando que con esfuerzo y perseverancia podemos ser mejores.

A mí querida novia, Amanda, quien ha estado siempre a mi lado, en buenas y malas situaciones, apoyándome incondicionalmente.

ÍNDICE

CERTIFICADO JURADO EXAMINADOR	I
AUTORÍA DE TRABAJO	II
ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	III
AGRADECIMIENTO	IV
DEDICATORIA	V
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE ANEXOS.....	X
RESUMEN.....	XI
ABSTRACT.....	XII
INTRODUCCIÓN	1
I. 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	3
1.4.1. Objetivo General.....	3
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.....	6
2.2.1. Cultivo de la papa	6
2.2.2. Fertilización Química	15
2.2.3. Biol	17
2.2.4. Bacterias Solubilizadoras de Fósforo (BSF).....	20
2.2.5. Extractos de algas marinas.....	21
2.2.6. Suelos Andisoles.....	22
III. METODOLOGÍA	25
3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO.....	25
VI	

3.1.1. Enfoque.....	25
3.1.2. Tipo de Investigación.....	25
3.2. HIPÓTESIS O IDEA A DEFENDER	25
3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	26
3.4. MÉTODOS UTILIZADOS	30
3.4.1. Características de la Unidad experimental.	30
3.4.2. Materiales y equipos.....	36
3.4.3. Procedimiento.....	37
3.4.4. Análisis Estadístico (InfoStat).....	45
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
4.1. RESULTADOS	46
4.1.1. Porcentaje promedio de emergencia de plantas a los 30 días post siembra.	46
4.1.2. Número promedio de tallos a los 60 días post siembra.	46
4.1.3. Altura promedio de planta (cm) a los 135 días post siembra.	48
4.1.4. Diámetro promedio de tallo (cm) a los 135 días post siembra.	49
4.1.5. Rendimiento promedio de cosecha (kg/planta) a los 161 días post siembra.	51
4.1.6. Rendimiento promedio de cosecha (kg/planta) categoría primera a los 161 días post siembra.	52
4.1.7. Número promedio de tubérculos (primera categoría) a los 161 días post siembra.	54
4.1.8. Relación Costo-Beneficio.....	55
4.2. DISCUSIÓN	57
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	59
5.1. CONCLUSIONES	59
5.2. RECOMENDACIONES.....	60
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
VII. ANEXOS.....	71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación Taxonómica de la papa	6
Tabla 2. Variedades cultivadas en el Carchi	8
Tabla 3. Aplicación foliar complementaria de abonos en el cultivo de la papa.....	11
Tabla 4. Principales plagas y enfermedades del cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.).....	12
Tabla 5. Propiedades nutricionales del Biol de producción local.	20
Tabla 6. Efectos de los extractos de las algas marinas en las plantas y en el suelo.	21
Tabla 7. Definición y operacionalización de variables.	26
Tabla 8. Características del ensayo	30
Tabla 9. Tratamientos del ensayo experimental.....	31
Tabla 10. Clasificación por calibre para cada categoría.	33
Tabla 11. Inoculación de los microorganismos (Bacterias Solubilizadoras de Fósforo).....	34
Tabla 12. Aplicación de bioestimulante y biofertilizante	35
Tabla 13. Fertilizantes Químicos (Urea, Fosfato Diamónico y Muriato de Potasio).....	36
Tabla 14. Dosis NPK tratamientos.....	41
Tabla 15. Representación del análisis de la varianza.....	45
Tabla 16. Número promedio de tallos a los 60 días post siembra.....	47
Tabla 17. Altura promedio de planta (cm) a los 135 días post siembra.....	48
Tabla 18. Diámetro promedio de tallo (cm) a los 135 días post siembra.....	50
Tabla 19. Rendimiento promedio de cosecha (kg/planta) a los 161 días post siembra.	51
Tabla 20. Rendimiento promedio de cosecha (kg/planta) categoría primera a los 161 días post siembra.	53
Tabla 21. Número promedio de tubérculos (primera categoría) a los 161 días post siembra. .	54
Tabla 22. Relación costo-beneficio de cada tratamiento en qq/ ha ⁻¹ con un precio promedio de 18 USD el quintal.....	56
Tabla 23. Relación costo-beneficio de cada tratamiento en qq/ ha ⁻¹ con un precio promedio de 13 USD el quintal.....	56
Tabla 24. Relación costo-beneficio de cada tratamiento en qq/ ha ⁻¹ con un precio promedio de 5 USD el quintal.....	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Etapas fenológicas del cultivo de la papa.....	7
Figura 2. Formación de los suelos de origen volcánico.....	24
Figura 3. Tratamientos propuestos en diseño de bloques completamente al azar.	32
Figura 4. Preparación del biol.....	37
Figura 5. Toma de muestras (suelo).	38
Figura 6. Medición del área experimental.	38
Figura 7. Surcada, Siembra y aplicación del Fosfotíc (BSF).	39
Figura 8. Germinación y semilla dañada.	40
Figura 9. Labor del retape.....	42
Figura 10. Plantas libres de maleza	43
Figura 11. Retape y Fumigación Biol, (BSF), Extracto de algas	43
Figura 12. Toma de diámetro y altura de planta.....	44
Figura 13. Plantas aporcadas	44
Figura 14. Cosecha y clasificación de tubérculos.....	45
Figura 15. Porcentaje de germinación a los 30 días post siembra	46
Figura 16. Número promedio de tallos a los 60 días post siembra.....	48
Figura 17. Altura promedio de planta (cm) a los 135 días post siembra.	49
Figura 18. Diámetro promedio de tallo (cm) a los 135 días post siembra.....	51
Figura 19. Rendimiento promedio de cosecha (kg/planta) a los 161 días post siembra.....	52
Figura 20. Rendimiento promedio de cosecha (kg/planta) categoría primera a los 161 días post siembra.....	54
Figura 21. Número promedio de tubérculos (primera categoría) a los 161 días post siembra.....	55

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Costos de producción del ensayo.	71
Anexo 2. Análisis de suelo sector Canchaguano	73
Anexo 3. Análisis del Bioestimulante (biol).....	73
Anexo 4. Área de implantación del ensayo.	75
Anexo 5. Preparación y cosecha del Biol	75
Anexo 6. Toma de muestras de suelo	76
Anexo 7. Surcada y medición del área de los tratamientos.	76
Anexo 8. Semilla certificada.....	76
Anexo 9. Siembra	77
Anexo 10. Pesada de abono	77
Anexo 11. Observación del porcentaje de germinación	77
Anexo 12. Retape, colocación del abono NPK, control fitosanitario y limpieza de maleza	78
Anexo 13. Observación del cultivo.....	78
Anexo 14. Colocación de Tratamientos Biol, Fosfotic, Extracto de algas.	79
Anexo 15. Controles fitosanitarios	79
Anexo 16. Toma de datos Altura de tallos, Diámetro de tallo y Número de tallos.	80
Anexo 17. Aporques	80
Anexo 18. Cosecha, clasificación y pesaje de los tubérculos.	81

RESUMEN

Se realizó la investigación con el propósito de evaluar distintas alternativas de fertilización con el uso de Biol de producción local, microorganismos solubilizadores de fósforo y extractos de algas en papa (*Solanum tuberosum L.*) variedad Superchola. El experimento se ejecutó en la Comunidad de Canchaguano en condiciones de campo abierto y semitecnificado, utilizando el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), con 7 tratamientos y 4 repeticiones con un total de 28 unidades experimentales. Cada unidad contenía 30 plantas de las cuales se tomaron 6 como muestra, con un total de 168. Las variables a evaluar fueron: porcentaje de emergencia, altura de planta, diámetro de tallo, número de tallos, rendimiento por planta y relación costo-beneficio (C/B). El Bioestimulante (Biol), Microorganismos Solubilizadores de Fósforo (BSF) y biofertilizante (Extracto de algas) fueron alternativas evaluadas en unidad y combinadas respectivamente con cantidades de Fertilización Fosfórica (NPK) que se emplean en la región y diferentes disminuciones de las mismas para comparar la producción y costos del cultivo de papa (*Solanum tuberosum L.*), importante de la zona. El T2 (100%NPK+ FOSFOTIC) fue el tratamiento que mayor rendimiento obtuvo, con un peso de tubérculos de 2,29 Kg/planta y una cantidad de primera categoría de 12,88 tubérculos/planta. Los resultados positivos obtenidos, confirman la utilización de alternativas de biofertilización, gracias a la apropiada interacción de NPK y BSF que mejoran el consumo de nutrientes presentes y acondicionados en el suelo, reformando los costos de producción y manteniendo una rentabilidad apropiada para el agricultor de la zona. Según el análisis económico, el tratamiento que obtuvo la mejor rentabilidad fue el T2, con un costo/beneficio (C/B) de -0,11 USD incrementando el rendimiento, que en comparación con respecto al testigo T1 (100% NPK) que tiene una utilidad de -0,20 USD, es mejor.

Palabras claves: Cultivo de papa, Biofertilizantes, Bioestimulantes, BSF.

ABSTRACT

The research was carried out with the purpose of evaluating different alternatives of fertilization with the use of locally produced Biol, phosphorus solubilizing microorganisms and algae extracts in potato (*Solanum tuberosum* L.) variety Superchola. The experiment was conducted in the Community of Canchaguano in open field and semi-technical conditions, using the Design of Blocks Completely Random (DBCA), with 7 treatments and 4 repetitions with a total of 28 experimental units. Each unit contained 30 plants; 6 of them were taken as a sample, with a total of 168. The variables to be evaluated were: percentage of emergence, plant height, stem diameter, number of stems, yield per plant and cost-benefit ratio (C / B). The Biostimulant (Biol), Phosphorus Solubilizer Microorganisms (BSF) and biofertilizer (Algae Extract) were alternatives evaluated in unit and combined, respectively, with amounts of Phosphoric Fertilization (NPK) which is used in the region. Different decreasing amounts of the same were also evaluated to compare the production and costs of growing potatoes (*Solanum tuberosum* L.), a very important type of crop in the area. T2 (100% NPK + FOSFOTIC) was the treatment with the highest yield, with a weight of tubers of 2.29 Kg / plant and a first category quantity of 12.88 tubers / plant. The positive results obtained confirm the use of biofertilization alternatives, thanks to the appropriate interaction of NPK and BSF that improve the consumption of nutrients present and conditioned in the soil, reducing the production costs and maintaining an appropriate profitability for the farmers of the zone. According to the economic analysis, the treatment that showed the best profitability was T2, with a cost-benefit (C / B) of -0.11 USD and a yield increase; in comparison with the control T1 (100% NPK) that showed a profit of -0.20 USD, T2 is better.

Key words: Potato cultivation, Biofertilizers, Biostimulants, BSF.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de la papa (*Solanum tuberosum.L*), es un producto importante y valioso que dejaron nuestros agricultores prehispánicos en la zona Andina, está implantado a una escala mundial por ser uno de los alimentos más consumidos (Suquilanda, 2011). En el Ecuador la producción de papa es importante, porque es la fuente principal de economía de las provincias altas, siendo así una manera de estabilizar la economía para los agricultores (Andrade, 1998). La producción está basada en la demanda de grandes ciudades como: Guayaquil, Quito y Cuenca, donde el 90%, se consume en estado fresco (Suquilanda, 2011), durante 2014 el SINAGAP realizó el registro progresivo de productores de papa, con el 89% de la producción se concentra en las provincias de: Sucumbíos, Carchi, Pichincha, Tungurahua, Chimborazo y Cotopaxi (Chehab, 2015), las variedades que se cultivan en mayor cantidad son: 37% Super Chola, 21% Gabriela, 11% Cecilia, 7% Friepapa, 5% Chaucha (Ibídem).

Carchi es uno de los mayores productores de papa después de la provincia de Sucumbíos, con una producción aproximadamente de 24, 9 toneladas por hectárea (Guerrero, 2016). La producción basada en una fertilización que cumple con las necesidades suplementarias a la planta, consumiendo gran cantidad de macro y micro elementos que son importantes para el desarrollo de la planta (Ríos, Jaramillo, González y Cotes, 2010).

El fósforo (P) es un elemento limitante en nuestra zona para la producción de papa, debido a su capacidad de fijación en suelos andisoles (Pumisacho y Sherwood, 2002), dicho elemento es importante para el rendimiento del cultivo, ya que promueve la nutrición, fotosíntesis, respiración, almacenamiento, transferencia de energía, división, crecimiento celular y transferencia genética, mencionadas funciones ayudan al incremento de raíces que fortalecen la formación de mayor número de tubérculos (Pumisacho y Sherwood, 2002). Por lo tanto, en las zonas del Carchi el cultivo de la papa es sometido a grandes dosis de fertilizaciones llegando a una degradación de los suelos (Mafla, Mejía, Andrade, Mera, Hurtado y Roca, 2015). Por dichas circunstancias la presente investigación busca alternativas que ayuden a preservar los suelos, disminuir las grandes cantidades de fertilizantes fosforados e inclusive bajar los costos de producción aumentando los beneficios económicos del agricultor, aprovechando otras opciones de fertilizaciones como: Bioestimulantes, Biofertilizantes y microorganismos benéficos que ayudan a la solubilización del fósforo fijado en el suelo.

I. PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Ecuador por estar situado sobre las cadenas montañosas de América específicamente en zona andina, está constituido de suelos andisoles, formados por deposiciones recientes de cenizas volcánicas, por ello, el Carchi consta con este tipo de tierras, que tienen la capacidad de inmovilizar el fósforo (P), dicho elemento tiene mayor fijación en las partes altas superiores a los 2000 m.s.n.m. (Espinosa, 2008), superando el 70% y 95% de dicha adherencia del elemento (Henríquez, Cabalceta, Bertsch y Alvarado, 2011). Jaramillo (2012), afirma que: “la retención del fósforo en el Carchi supera el 90%”, afectando la normal nutrición de las plantas (Alcalá, Hidalgo y Gutiérrez, 2009), principalmente al cultivo de la papa, por ello se considera aplicar dosis altas de fertilizantes fosforados en dichos suelos (Espinosa, 2008).

La disminución en la productividad es la consecuencia vidente de la fijación del P, ya que dicho macro elemento está presente en todas las funciones de la planta, principalmente en la formación y llenado del tubérculo (Pumisacho y Sherwood, 2002), los contenidos bajos de P digerible para la planta, son los causantes para que el productor coloque altas dosis de fertilizantes fosforados en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum L.*) (Henríquez, et al., 2011), optando por aplicar P en cada ciclo del cultivo y así logrando obtener un adecuado rendimiento (Espinosa, 2006), las altas dosis de fertilizantes y agroquímicos elevan los costos de producción, bajando la utilidad en el cultivo (Rosset, 2000).

El elevado uso de fertilizantes químicos (Tapie, Baron, Colcha, Andrade y Forbes, 2008), en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum L.*) es uno de los principales causantes de contaminación ambiental e intoxicaciones a humanos.

Los productores son costumbristas, principalmente llevando una producción hacia el monocultivo de la papa y no han valorado otras formas de siembra (Villa y Sarmientos, 2009), utilizando la fertilización química en exceso, ya que existen escasas alternativas de fertilización como enmienda para la producción del cultivo (Murillo, Espinosa, Travéz, Ulloa, Espinoza y Bejarano, 2015).

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La fijación del fósforo en suelos andisoles de la zona y las escasas alternativas de fertilización para el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum L.*) variedad súper chola con el empleo de biol de producción local, microorganismos solubilizadores de fósforo y extracto de algas en la Comunidad de Canchaguano, Montúfar, Carchi, conllevan al alto uso de fertilizantes químicos que el agricultor provee a los suelos.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Existen nuevas alternativas de producción que se pueden optar, para aprovechar los nutrientes existentes en los suelos andisoles, principalmente el (P) que se lo puede convertir de su estado inorgánico a un estado orgánico asimilable para las plantas, con la finalidad de mejorar la nutrición, logrando incrementar la producción y la calidad del tubérculo.

Este estudio, puede contribuir a ampliar el conocimiento sobre alternativas de fertilización que instaure una nueva opción para la agricultura local que sustituya y disminuya las necesidades de fertilización química.

El empleo de biol de producción local, microorganismos solubilizadores de fósforo y extracto de algas como otras alternativas de fertilización, constituyen un suplemento de macronutrientes, micronutrientes y hormonas que estimulan el desarrollo de las plantas, dichas alternativas pueden disminuir los costos de producción y aumentar el costo-beneficio de la producción.

En la actualidad se debe desarrollar una agricultura sostenible integrando insumos de origen orgánico como biofertilizantes, para mejorar la productividad de los cultivos y el ambiente. (Jaramillo, 2012).

1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo General

Evaluar el potencial de biofertilizantes basados en biol de producción local, microorganismos solubilizadores de fósforo y extracto de algas como alternativas de

fertilización para disminuir el consumo de fertilizantes fosfóricos en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum L*) en la Comunidad de Canchaguano, Montúfar, Carchi.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Evaluar el efecto de la biofertilización con biol de producción local, microorganismos solubilizadores de fósforo y extracto de algas sobre el rendimiento del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum L*) en de campo abierto.
- Realizar un biol de producción local con restos de estiércol de ganado vacuno, y restos vegetales.
- Realizar el análisis económico de las alternativas investigadas.

1.4.3. Preguntas de Investigación

¿Cuál es el efecto de la biofertilización con biol de producción local, microorganismos solubilizadores de fósforo y extracto de algas sobre el rendimiento del cultivo de la papa en de campo abierto?

¿Cuál es el efecto económico de las alternativas en nuestro estudio?

II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Mora, et al (2018). En la UPEC, investigó: “Alternativas de bio-fertilización sobre indicadores morfológicos y productivos de *Solanum tuberosum* L. en Andisoles del Carchi-Ecuador”, la utilización de alternativas de bio-fertilización son posibles en suelos andisoles, demostrando que el mejor tratamiento, fue la combinación de fertilización mineral más Fosfotic (BSF) con 595,32 gr/planta, contribuyendo a la inoculación de dichos microorganismos para el suelo, mejorando el rendimiento en condiciones controladas bajo invernadero.

Narvaéz (2016) en la UPEC, investigó: “Evaluación de microorganismos solubilizadores de fósforo, micorrizas y compost, en la productividad del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.), bajo condiciones semicontroladas, Carchi – Ecuador”, demostrando que es factible la utilización de alternativas de fertilización, debido a que estos tiene la capacidad de aprovechar el fósforo no soluble del suelo, dando como resultado el T7 (tierra + compost + fosfotic + micorrizas) que mejoró la producción con 816,48 g/planta, destacándose con los otros tratamientos estudiados.

Negrete (2011) en la Universidad San Francisco de Quito, investigó: “Evaluación del efecto de dos tipos de fertilización en los rendimientos del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en Pichincha – Ecuador”, el propósito del experimento fue analizar las diferencias económicas y de rendimiento del cultivo de papa en base a diferentes sistemas de fertilización. Para esto se establecieron dos lotes, uno con fertilizantes químicos (muriato de potasio, 18-46-00, y urea) y otro con (biol y urea), esto se puede atribuir a que, a diferencia de los fertilizantes orgánicos, los nutrientes provistos por fertilizantes químicos están disponibles para las plantas de manera inmediata lo cual acelera el crecimiento de la misma. A pesar de que las diferencias no fueron significativas, el lote B, donde la fertilización fue mixta, tuvo un mayor número de tubérculos especialmente en la tercera categoría (51-70g). Esto es relevante ya que de la tercera categoría es de donde se obtienen tamaños de tubérculos que se pueden utilizar como semilla. Por lo tanto, este sistema de fertilización se lo puede adoptar para cultivos cuyo fin es producir semilla, con la ventaja de que se producirían una mayor cantidad de tubérculos del tamaño deseado a un menor costo.

Arismendi (2002) en la Universidad de Oriente Maturín, manifiesta en su trabajo sobre: “Investigación sobre el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) en el Oriente de Venezuela”, se realizó la búsqueda de hacer más rentable el cultivo de papa, ejecutando seis trabajos de investigación sobre las dosis de NPK utilizadas por el productor y su interacción con el costo de producción, analizando la distribución de costos de la producción: Insumos 66%, 19% de mano de obra, 13% de preparación del suelo y equipos de fumigación y un 2% del arrendamiento de la tierra, tomando en cuenta que el gasto en insumos es verdaderamente alto.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Cultivo de la papa

2.2.1.1. Origen de la papa

La papa (*Solanun tuberosum spp.*), es un tubérculo procedente de los Andes. Su origen parece situarse en dos centros distintos de América del Sur: Perú y Bolivia y el Sur de Chile; su cultivo se extendió por todo el territorio que antes de la venida de los españoles constituyó el Tahuantinsuyo (Suquilanda, 2011). En el siglo XVI, fue introducido en Europa por los españoles. El cultivo se difundió rápidamente, sobre todo en las regiones templadas y, a principios del siglo XVIII, se introdujo en el norte de América (Suquilanda, 2011).

2.2.1.2. Clasificación taxonómica de la papa.

Tabla 1. Clasificación Taxonómica de la papa

Reino	Plantae
División	Magoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Asteridae
Orden	Solanales
Familia	Solanáceas
Género	Solanum
Especie	Tuberosum

Fuente: Muñoz, A. (2010). Manejo cultivo de papa. Agrytec. Recuperado el sábado de septiembre de 2013, de www.agrytec.com.

2.2.1.3. Descripción botánica

La papa es una dicotiledónea herbácea con hábitos de crecimiento rastrero o erecto, generalmente de tallos gruesos y leñosos, con entrenudos cortos. Los tallos son huecos o medulosos, excepto en los nudos que son sólidos, de forma angular y por lo general verdes o rojo púrpura. El follaje normalmente alcanza una altura entre 0,60 a 1,50 m. Las hojas son compuestas y pinnadas. Las hojas primarias de plántulas pueden ser simples, pero una planta madura contiene hojas compuestas en par y alternadas. Las hojas se ordenan en forma alterna a lo largo del tallo, dando un aspecto frondoso al follaje, especialmente en las variedades mejoradas (Pumisacho y Sherwood, 2002).

2.2.1.4. Etapas Fenológicas del cultivo de papa

1.- Emergencia: Los brotes emergen a los 15 a 20 días después de la siembra, esto tiene mucha dependencia de las condiciones edáficas y climáticas de la zona donde se establezca el cultivo (Sifuentes, 2012).

2.- Desarrollo: Etapa donde hay crecimiento del follaje y raíces en forma sincroniza, ocurre entre los 20 a 30 días después de la siembra (Sifuentes, 2012).

3.- Tubерización: Se da a notar entre los 30 a 45 días después de la siembra, comienza con el inicio del engrosamiento de la punta de los rizomas, formándose en la parte final de los estolones (Alba, 2001).

4.- Llenado de tubérculos: Los tubérculos aumentan de tamaño y peso, acumulando agua, nutrientes y carbohidratos, la etapa se presenta entre los 45 a 90 días después de la siembra (Alba, 2001) y (Sifuentes, 2012).

5.- Maduración: Empieza con la caída gradual del follaje, las hojas viejas se tornan de color amarillo, pasando progresivamente a un color café, la epidermis del tubérculo comienza a engrosar, ya que el tubérculo ya se constituye con un alcance máximo de desarrollo (Alba, 2001).



Figura 1. Etapas fenológicas del cultivo de la papa

Fuente: (Lucano, Domínguez y Luz, 2014)

2.2.1.5. Variedades cultivadas en el Carchi

Según Guerrero, M. (2016) manifiesta que: las variedades más utilizadas en la provincia del Carchi son:

Tabla 2. Variedades cultivadas en el Carchi

Variedad	Porcentaje
Super chola	38 %
Unica	10 %
Chola	8 %
Cecilia	6 %

Fuente: Guerrero, M. (2016). Rendimiento de la papa en el Ecuador primer ciclo 2016 (diciembre- junio). MAGAP. Quito. Ecuador.

2.2.1.6. Variedad Super Chola

2.2.1.6.1. Origen Genético:

Proveniente de los cruzamientos con la variedad (Curipamba Negra x *Solanum demissum*) x clon resistente con comida amarilla x chola seleccionada), fue creada por el Sr. Germán Bastidas Vaca, agricultor del cantón Montufar, Carchi; fue liberada y entregada en 1983 a los agricultores de la provincia del Carchi, para difundirse posteriormente al resto del país (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP, 1998).

2.2.1.6.2. Características morfológicas

Planta de crecimiento erecto, clasificada en una subespecie indígena, con un rendimiento promedio de 30t/ha (Andrade, 1998).

Follaje y hojas: Frondoso, desarrollo rápido, hojas de color verde intenso y abiertas con tres pares de folíolos primarios, tres pares de folíolos secundarios y cinco pares de folíolos terciarios (INIAP, 1998).

Tallo: tallos robustos, numerosos y fuertes, con una altura aproximada de 0,8 a 1 metro. (Pumisacho et al, 2002).

Flores: Color morado (Ibídem).

Raíz: La raíz formada a partir de semilla tubérculo es fibrosa, no existe una raíz principal y posee muchas raíces adventicias (Román y Hurtado, 2002).

Tubérculos: medianos, elípticos a ovalados, piel rosada y lisa con crema alrededor de los ojos, pulpa amarilla pálida sin pigmento (Andrade, 1998).

Fruto: baya pequeña y carnosa que contiene las semillas sexuales, es de forma redonda u ovalada, de color verde amarillento o castaño rojizo, de 1 a 3 cm de diámetro (Pumisacho et al., 2002).

2.2.1.6.3. Características agronómicas

Alturas recomendadas: 2800 a 3600 m.s.n.m. Zona Norte del Ecuador

Maduración: Semitardía. (CIP, 2011)

2.2.1.6.4. Reacción a enfermedades

Susceptible a lanchara (*Phytophthora infestans*), medianamente resistente a roya (*Puccinia pittieriana*) y tolerante a nematodo del quiste de la papa (*Globodera pallida*) (Andrade, 1998).

2.2.1.7. Aspectos agronómicos

2.2.1.7.1. Preparación del suelo

Se realiza cuando el terreno está “a punto”, esto es cuando al coger la tierra con la mano ésta no queda pegada; por otra parte, de acuerdo con los viejos agricultores, será importante que esta labor se realice cuando la luna se encuentra entre el tercer día de la fase menguante y el tercer día de la fase nueva (noche oscura), pues ello contribuye a evitar la presencia de insectos plaga y enfermedades (Suquilanda, 2011).

2.2.1.7.2. Arada

El cultivo de papa, requiere de una adecuada preparación, que se consigue con una labor de arado (25-30 centímetros), la misma que debe hacerse con por lo menos dos a tres meses de anticipación para poder enterrar el rastrojo o barbecho al suelo y lograr que este se descomponga y así mismo permitir que los controladores naturales bióticos (aves, reptiles, sapos, insectos, arañas) y abióticos (los rayos solares y el frío), eliminen a las plagas del suelo (Suquilanda, 2011).

En suelos con pendientes muy pronunciadas (sobre 25 %), es mejor arar con el arado de yunta, para evitar que el suelo se erosione (Ibídem).

2.2.1.7.3. Rastrada y Nivelada

Los pases de rastra de acuerdo al tipo de suelo se harán de forma espaciada y de manera cruzada, hasta lograr que quede bien mullido. Esta labor debe hacerse a una profundidad aproximada de 20 centímetros (Suquilanda, 2011).

2.2.1.7.4. Drenajes

Dependiendo de la pendiente del suelo, se deben trazar zanjas para drenar los excesos de agua que pueden hacer daño al cultivo en el momento de su desarrollo y formación de tubérculos (Ibídem).

2.2.1.7.5. Elaboración de surcos

Surcar de tal manera que al caer la lluvia o hacer el riego, el agua se deslice lentamente, para evitar la erosión del suelo y conseguir que la tierra se remoje de una manera profunda y uniforme (Suquilanda, 2011). Se realiza un día antes de la siembra con el fin de mantener la humedad en el terreno, es recomendable que la dirección del surco o huacho este en contra a la pendiente, dando caída para evitar que el agua se acumule, la distancia entre surco o huacho depende de la variedad a sembrar (Pumisacho, 2009).

2.2.1.7.6. Preparación de la Semilla

La semilla debe someterse al verdeo, el mismo que se logra sometiendo los tubérculos a la acción de la luz indirecta (difusa) con los que se evita el brotamiento acelerado y se logra: Brotes cortos y vigorosos que influyen en la densidad y uniformidad de emergencia. Control de insectos ya que el jugo tóxico que se produce (solanina) no es agradable para los gusanos de tierra. Se acorta el período vegetativo de la planta (Suquilanda, 2011).

2.2.1.7.7. Siembra

Se abre un surco mediante tracción animal con una surcadora o un arado de fierro. Antes de echar la semilla se efectúa una primera fertilización y una desinfección del suelo con un insecticida y, a veces, un nematicida (Huanca, 2009). Los diferentes productos se distribuyen a intervalos regulares en el surco, en el sitio de las semillas. Estas se depositan en un hoyo abierto a golpe de pala y vuelto a tapar con el pie. En ciertos casos. En promedio se utilizan 1.5 a 2 toneladas de semilla por hectárea. El número de semilla por hoyo se siembra esto varía dependiendo del tamaño de los tubérculos, y puede llegar hasta cuatro (Huanca, 2009).

2.2.1.7.8. Fertilización

En gran medida la productividad de un cultivo depende de la fertilidad del suelo. La planta de papa toma del suelo macro y micronutrientes, los que interaccionan con el ambiente para un buen desarrollo (Pumisacho, et al., 2002).

- **Fertilización Química**

El fertilizante químico aporta nutrientes de fácil disponibilidad para las plantas; para que su utilización resulte eficaz es necesario contar con buenas condiciones de humedad del suelo.

El nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) y azufre (S) resultan ser los nutrientes más importantes, porque son utilizados por el cultivo de papa en grandes cantidades (Almeida, 2014).

El Nitrógeno es necesario para el buen desarrollo de la planta.

El Fósforo es necesario para el buen desarrollo de raíces.

El Potasio es necesario para una buena calidad de los tubérculos (Egúsqüiza y Catalán., 2011).

Según Parra (2013) revela que: “El uso de la fertilización química recomendada por el INIAP y aplicada al 100% ((200 N – 300 P – 100 K) Kg/ha), se obtuvo un promedio de 8,33 toneladas de rendimiento por /ha” Por otra parte, Perugachi y Andrade (2005) afirman en sus investigaciones realizadas nos indican que se debe utilizar (200 kg/ha de N, 300 kg/ha de P₂O₅, 100 kg/ha de K₂O y 30 kg/ha de S) con 20,98 t/ha de esta manera dando lugar a un auge en la producción papera nacional.

- **Fertilización complementaria**

Para ayudar a un mejor desarrollo del cultivo y posibilitar una buena cosecha, se puede aplicar al follaje y en rotación cada 15 días los siguientes abonos foliares artesanales (Suquilanda, 2011).

Tabla 3. Aplicación foliar complementaria de abonos en el cultivo de la papa.

No Ord	Tipo de abono	Dosis	Cantidad de agua	Cantidad total Solución
1	Abono de frutas	100cc	19,9 litros	20 litros
2	Biol	2 litros	18 litros	20 litros
3	Té de estiércol	2 litros	18 litros	20 litros

Fuente: Suquilanda, Manuel B. (2011). *Producción Orgánica de Cultivos Andinos (Manual Técnico)*. Quito, Ecuador: FAO, UNOCANC, MAGAP.

Las aplicaciones de biofertilizantes (biol, purin, abono de frutas, vinagre de madera, extracto de algas) y harinas de rocas (roca fosfórica, sulphomag, cal agrícola, etc.), se deben hacer entre el tercer día de luna creciente y el tercer día de luna llena, pues en este espacio de tiempo los tubérculos son estimulados por la luz de las fases lunares (Ibídem).

2.2.1.7.9. Control de malezas

Las malezas o malas hierbas son otras plantas que compiten con las plantas de papa en el uso del espacio, agua y nutrientes; por otro lado, las malezas pueden ser hospederos de patógenos que causan daños al cultivo de papa, siendo así, es recomendable mantener densidades muy bajas de malezas y si el campo de papa estuviera dedicado a la producción de semillas, debe estar libre de malezas (Egúsquiza et al., 2011).

2.2.1.7.10. Labores culturales

Deshierbo

Consiste en remover la tierra alrededor de la planta y tapar el fertilizante químico aplicado. Se puede realizar en forma manual, con yunta o con la ayuda de un tractor; la principal función es, darle aireación a la planta y controlar las malezas. Esta labor es realizada aproximadamente a los 45 días después de la siembra (días), cuando el cultivo ha alcanzado la emergencia total y las plantas tienen de 8 a 10 cm de alto (Suquilanda, 2011).

Medio aporque

Debe realizarse aproximadamente a los 60 días y consiste en acumular la tierra a la base de la planta. Su función es dar aireación al cultivo, eliminar malezas y cubrir los estolones (Muñoz, 2010).

Aporque

Se realiza hasta los 90 días para variedades tardías, consiste en acumular la tierra a la base de la planta; es importante que sea un aporque cruzado (Suquilanda, 2011).

Corte del tallo

El corte del tallo unas dos a tres semanas antes de la cosecha es una práctica muy útil dejando un tallo de 10 cm. Con ello se evita que la ranca avance a los tubérculos y se permite que se pueda conservar el cultivo en el suelo hasta unos 30 días, para distribuir mejor la mano de obra y esperar un precio conveniente (Muños, 2010).

2.2.1.7.11. Principales plagas y enfermedades del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.)

Tabla 4. Principales plagas y enfermedades del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.)

HONGOS		
Nombre Común	Nombre científico	Agente causal
Lancha Negra	<i>Phytophthora infestans</i>	El oomiceto: <i>Phytophthora infestans</i> .

Roya	<i>Puccinia pittieriana.</i>	El hongo: <i>Puccinia pittieriana.</i>
Rizoctonia	<i>Rhizoctonia solani.</i>	El hongo: <i>Rhizoctonia solani.</i>
Sarna Polvorienta	<i>Spongospora subterránea.</i>	El hongo: <i>Spongospora subterránea.</i>
BACTERIA		
Pudrición Blanda	Erwinia	La bacteria: <i>Pectobacterium spp.</i>
PLAGAS		
Gusano Blanco	<i>Premnotrypes vorax.</i>	Adultos. Cuerpos son de color café gris de 7 mm de largo y 4 mm de ancho. Larvas (gusanos). Son de color blanco cremoso, con la cabeza de color café. Miden de 11 a 14 mm de largo. Huevos: Son cilíndricos ligeramente ovalados. Tienen una coloración entre blanco y crema. Miden 1,2 mm de largo y 0,54 mm de ancho.
Pulguilla	<i>Epitrix spp.</i>	Adultos. Son pequeños escarabajos de 1 a 2 mm de largo de color negro con brillo metálico. Larvas (gusanos). Son de color blanco cremoso y miden de 2 a 3 mm de largo.
Trips	<i>Frankliniella tuberosi.</i>	Adultos. Sus cuerpos son pequeños y alargados (aproximadamente 1,5 mm). Son de color negro. Ninfas. Son pequeños (aproximadamente 1 mm) con colores que varían desde el crema hasta el amarillo.
Minador	<i>Liriomyza spp.</i>	Adulto: mosca amarilla en la mitad de la cabeza y en el tórax. Pupas. Son cilíndricas y su color varía del amarillo al café, miden 2 x 0,5 mm. Larvas. Miden 2,5 mm de largo, no tienen patas ni ojos. Huevos. Son ovalados de color lechoso y translúcido.
Pulguilla	<i>Epitrix spp.</i>	Adultos. Son pequeños escarabajos de 1 a 2 mm de largo de color negro con brillo metálico. Larvas (gusanos). Son de color blanco cremoso y miden de 2 a 3 mm de largo.

Fuente: Montesdeoca, F.; Panchi, N.; Navarrete, I.; Pallo, E.; Yumisaca, F.; Taipe, A.; Espinosa, S. y Andrade, J. (2013). Guía fotográfica de las principales plagas y enfermedades del cultivo de la papa en el Ecuador. CIP (Centro Internacional de la Papa). INIAP. Imprenta Mariscal. Quito. Ecuador.

2.2.1.7.12. Labores fitosanitarias

Barrera, et al. (2004) afirma que: “En la Provincia del Carchi las plagas que causan mayor daño en el cultivo de papa son el gusano blanco, la mosca minadora y la polilla, mientras que la enfermedad que con mayor frecuencia se presenta es la lancha”. Sin embargo, Chacón (2011) argumenta que uno de los principales problemas que afectan al cultivo de papa es el gusano blanco (*Premnotrypes vorax*), cuyas larvas se alimentan de los tubérculos haciendo galerías y reduciendo el valor comercial de la cosecha e incrementando los costos de producción.

Según Rodríguez, et al. (2008) Afirma que “el tizón tardío, causado por *Phytophthora infestans*, es la enfermedad más importante de la papa en el mundo”. Arcos et al. (2015) explica que, “en condiciones de clima frío y húmedo”, una de las enfermedades más importantes que afecta al cultivo de papa es la rizoctoniasis causada por el hongo *Rhizoctonia solani* Kühn. Valero (2013) adicionalmente menciona que; “la gota o tizón tardío es la enfermedad fungosa más importante que afecta el follaje”; los primeros síntomas son manchas de consistencia húmeda y color pardo oscuro; sobre el envés de las mismas se desarrolla una vellosidad blanca, que es la fructificación del hongo, el cual se perpetúa en los residuos de cosecha o permanece en el suelo en forma de esporas o micelio (Ibídem).

2.2.1.7.13. Cosecha

Las papas son cosechadas cuando han alcanzado su madurez fisiológica, es determinado sacando una papa del sembrío y presionándola con el dedo pulgar, si no se pela está madura. Actividad realizada, abriendo el surco para aflojar la tierra; a continuación, debe virar la planta dejando las papas al descubierto, se recogen las papas y depositan sobre un plástico, lona o saco colocado en una parte del lote (Suquilanda, 2011).

La modalidad de cosecha (mecanizada, con yunta o manualmente) son las más empleadas y la eficiencia de cada una de ellas está determinada por la velocidad de extracción y el porcentaje de tubérculos que se quedan bajo tierra (Egúsquiza et al, 2011). Se debe seleccionar, clasificar y ensacar. Las papas tajadas, partidas, malformadas (papas muñeco) son usadas para alimento de animales (Ibídem).

2.2.1.7.14. Almacenamiento

La papa para el consumo es recomendado guardarla en un ambiente oscuro y a granel en un piso de paja, a bajas temperaturas (Muñoz, 2010).

Los tubérculos cosechados pueden almacenarse por cortos periodos antes de su comercialización o por periodos más prolongados cuando se decide postergar la venta o

cuando se conservan para el consumo familiar. En cualquiera de las situaciones en las que se requiere almacenar tubérculos de papa, debe tenerse presente que se trata de organismos vivos, con alto contenido de humedad y que son, por lo tanto perecibles. Las pérdidas por almacenamiento pueden ser incrementadas cuando no reducen las causas del deterioro (Egúsquiza et al, 2011).

2.2.2. Fertilización Química

2.2.2.1. Generalidades

Una de las decisiones más importantes del manejo, por su potencial impacto en los rendimientos y en los costos de producción, es la fertilización del cultivo con Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K). Se les define como macro-nutrientes primarios porque son los que el cultivo requiere en mayores cantidades. (Saldaña, 2015).

Según Saldaña (2015), menciona que “el fósforo es un elemento constitutivo de los tejidos vegetales y forma parte de los ácidos nucleicos”. Estimula el crecimiento inicial de las plantas y la formación de las raíces (Ibídem).

Las necesidades de fertilización fosfatada aumentan cuando el crecimiento de las plantas ha de efectuarse en tiempo frío, cuando las plantas tienen un desarrollo radicular limitado y cuando se requiere un crecimiento inicial rápido de la parte aérea de la planta (Inostroza, 2010).

2.2.2.2. El Fósforo en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.)

El cultivo de papa extrae grandes cantidades de nutrientes, los mismos que deben ser reemplazados. Los requerimientos de fósforo en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*) oscilan entre 40 y 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅, dependiendo especialmente de las características genéticas del cultivar y del rendimiento esperado del cultivo (Karandashov y Bucher, 2005).

La Demanda de fósforo es la cantidad del mismo requerida para obtener un nivel de rendimiento esperado; corresponde al producto entre la biomasa total a alcanzar y la concentración mínima óptima de P en dicha biomasa (Saldaña, 2016). Cuando se produce un déficit entre la Demanda del cultivo y el Suministro de P desde el suelo, este déficit debe ser suplido por la dosis de fertilización fosforada. Sin embargo, no todo el fertilizante suministrado al suelo es absorbido por el cultivo, por lo tanto, hay que considerar una

eficiencia de fertilización, la cual corresponde a la fracción de la dosis aplicada que es finalmente absorbida por el cultivo (Ibídem).

Pumisacho y Sherwood (2002) consideran que, “el P tiene baja movilidad, la mejor época de aplicación de fósforo es al momento de la siembra”. Refiriéndose a que el fósforo debe ser aplicado al momento de la siembra y no en el momento del medio aporque porque en esta etapa se observara la deficiencia de fósforo llevando a la planta a síntomas de enanismo y baja producción.

2.2.2.3. Fertilizantes química y su correlación en el costo de producción

La alta capacidad de fijación de fósforo de los andisoles, Ecuador tiene un alto nivel de insumos por concepto de fertilizantes fosforados (Jacobsen y Sherwood, 2002). Los fertilizantes constituyen más del 60% de los costos de producción en el cultivo de la papa, aunque no todos los campesinos tienen un control sistemático de los costos de producción, lo que no permite una valoración real y efectiva del efecto de estos gastos en las ganancias de los productores (Yépez, 2013).

2.2.2.4. Fertilización química en relación con el rendimiento del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.)

Los rendimientos de la papa en Ecuador se comportan entre 6 y 7 t ha⁻¹, sin lograr aproximarse a los rendimientos de países como Chile, Brasil, Venezuela y Colombia (15-16 t ha⁻¹), o menos aún de otros como Holanda, Bélgica, Canadá y Estados Unidos donde los rendimientos superan las 27 t ha⁻¹ y llegan a alcanzar hasta 40 t ha⁻¹ (Pumisacho, et al., 2002). Específicamente, en la zona del Carchi los rendimientos oscilan entre las 10 y 15 t ha⁻¹, con un promedio de 10.5 t ha⁻¹ en período 2002-2006 (Narvárez y Soria, 2010).

Por otra parte, Bernal y Espinosa (2003) señala que: “muchos agricultores están aplicando fertilizantes en exceso, encareciendo los costos de producción, lo que conlleva no ha incrementos en los rendimientos pero que afecta la fertilidad natural de los suelos y favorece su degradación”.

La dosis óptima de fertilización recomendada es 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Respecto al problema de la fijación del P señalan que los suelos del norte del país fijan más dicho elemento que los de las zonas central y sur, lo cual explica el uso de cantidades más altas en la zona norte (Pumisacho y Sherwood 2002). Dichos autores explican también que en experimentos realizados se demostró que la mayor eficiencia del fósforo proveniente del fertilizante fue

de 11% para el nivel de 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅; mientras que para un nivel de 450 kg ha⁻¹ de P₂O₅, la eficiencia fue 4%. La eficiencia del fósforo residual en el segundo ciclo de papa y con 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ fue cerca del 8% (Ibídem).

2.2.2.5. Interacción de fertilización química y fertilización orgánica

Valverde, et al. (2010) evaluaron los efectos de la fertilización orgánica con compost y gallinaza sobre el cultivo de la papa (cultivar INIAP-Fripapa) en comparación con la fertilización química. En dicho trabajo se evaluó el efecto de la aplicación de compost y gallinaza, con los niveles de 5, 10 y 15 t/ha⁻¹ y fertilización química con 150-200-100-30-15 kg/ha⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O-S-Mg; respectivamente. Para el segundo año se dividió las parcelas en dos: con abono orgánico (efecto acumulativo) y sin abono orgánico (efecto residual). Estos autores encontraron que la fertilización química alcanzó los rendimientos más altos de papa en los dos ciclos de cultivo. Los abonos orgánicos, aunque en menor medida, también presentaron incrementos en el rendimiento de papa constando mejoras en las propiedades químicas y biológicas del suelo, mientras las propiedades físicas del suelo se mantuvieron estables. Sin embargo, las dosis altas de abonos orgánicos disminuyeron el porcentaje de hojuelas buenas, lo que constituye una pérdida de calidad desde el punto de vista agroindustrial.

2.2.3. Biol

2.2.3.1. Concepto

Los abonos líquidos o bioles son una estrategia que permite aprovechar el estiércol de los animales, sometidos a un proceso de fermentación anaeróbica, dan como resultado un fertilizante foliar que contiene principios hormonales vegetales (Vallejos, 2008).

El biol es una fuente orgánica de fitorreguladores como las auxinas y giberelinas, que permiten promover actividades fisiológicas y estimulan el desarrollo de las plantas. El contenido de fitohormonas de un biol es uno de los principales beneficios y por ello muchos agricultores e investigadores han desarrollado fórmulas que mejoran dicho contenido (Gomero, 2005).

2.2.3.2. Generalidades

El biol es un excelente abono foliar que sirve para que las plantas permanezcan verdes y así obtener buenos productos como papa, maíz, trigo, haba, hortalizas y frutales. Se prepara con

diferentes estiércoles que se deben fermentar durante dos a tres meses en un bidón de plástico. Nutre, recupera, reactiva la vida del suelo y fortalece la fertilidad de las plantas. Es un abono que estimula la protección de los cultivos contra el ataque de insectos y enfermedades y permite sustituir a una gran parte de fertilizantes químicos (Mosquera, 2010).

Chinguercela (2000), manifiesta que es una investigación que apuesta por el futuro, con un equipo de técnicos expertos en agricultura orgánica presenta una alternativa para garantizar la calidad y purezas de las cosechas: el bioestimulante (BIOL), este preparado que aplicado al suelo no solo mejora la estructura sino, que por las hormonas y precursores hormonales que contienen provocan un mayor desarrollo de las plantas y hace más efectiva la acción de los microorganismos allí existentes.

Por mucho tiempo el biol era tan solo un subproducto sin importancia, procedente de biodigestores destinados a la producción de biogás. El motivo por el cual se promovía la técnica de los biodigestores era para aprovechar los recursos orgánicos generados por la ganadería con fines energéticos. (Aparcana, 2008).

Los resultados de diferentes evaluaciones de campo en una diversidad de cultivos (ciclo corto, anual, bianual o perenne) y con aplicaciones dirigidas al follaje, al suelo, a la semilla o a la raíz han demostrado los beneficios del biol como el favorece al enraizamiento, incrementa la base foliar, mejora la floración y activa el vigor y poder germinativo de las semillas, lo cual implica un aumento en los rendimientos del cultivo. Debe utilizarse diluido en agua y las aplicaciones pueden realizarse varias veces durante el desarrollo vegetativo de la planta (Gomero, 2005).

2.2.3.3. El Biol como plaguicida

El biol puede usarse como fertilizante o para combatir plagas, esto depende de los ingredientes adicionales que se utilice en su elaboración, ya que si se desea que sirva para combatir una plaga se debe utilizar ingredientes como: ají, ajo, cebolla, marco, ruda y demás plantas, que tengan olores amargos y fuertes, esto evitará y alejará a los insectos por su aroma desagradable (Vallejos, 2008).

2.2.3.4. Elaboración de biol

Materiales para hacer el Biol

- Un bidón de plástico de 20 litros

- Un metro de manguera transparente
- Una botella descartable de dos litros
- Medio kilo de hojas verdes de alfalfa
- Cinco cucharadas de melaza o agua diluida panela.
- Un sobre de levadura
- Medio kilo de estiércol de vaca.
- Ceniza
- Agua
- Y cualquier desperdicio orgánico que tenga a la mano.

(Ibídem)

Preparación

1. En el bidón o poma de plástico se llena con todos los materiales antes mencionados sin ningún orden en específico
2. En la tapa se deja un orificio para instalar una manguera plástica de ¼ de pulgada de diámetro, por la cual saldrán al exterior los gases producidos durante la fermentación. El otro extremo de la manguera se introduce en el fondo de una botella plástica descartable conteniendo agua, para asegurar que no ingrese aire hacia el cilindro.
3. Es necesario destapar el recipiente una vez al mes para ver si se ha consumido el agua y reponerla para que se mantenga en el mismo nivel inicial). La fermentación termina cuando el fermentado esté frío y el olor fuerte haya desaparecido. El líquido rico en nutrientes se separa y almacena en bidones o botellas.
4. El biol tiene alto contenido de hormonas de crecimiento vegetal, aminoácidos y vitaminas (Álvarez, 2010).

Capacidad:

- Un litro de biol puro se debe diluir en 15-20 litros de agua para cargar una fumigadora. Este preparado sirve como abono foliar para 300 metros lineales de cultivo y se aplica solamente en hojas y tallos, no en flores ni frutos.
- Se puede usar biol puro cuando se quiere aplicar directamente al suelo. En este caso el suelo debe estar previamente regado. Un litro alcanza para 10 metros lineales de cultivo y debe depositárselo solo alrededor de la planta (Mosquera, 2010).

2.2.3.5. Propiedades nutricionales

Las propiedades nutricionales del biol dependerán de los ingredientes propuestos en su producción.

Tabla 5. Propiedades nutricionales del Biol de producción local.

pH	5,6
Nitrógeno	0,092 %
Fósforo	112,80 ppm
Potasio	860,40 ppm
Calcio	112,10 ppm
Magnesio	54,777 ppm
Cobre	0,036 ppm
Boro	0,440 ppm

Fuente: Álvarez, F. (2010). Preparación y uso de biol. Lima. Primera edición. Imprenta y librería VEGA. Perú.

2.2.3.6. Ventajas y desventajas del Biol

Ventajas:

- Es un abono orgánico que no contamina suelo, agua, aire ni los productos obtenidos de las plantas. Es de bajo costo, se produce en la misma parcela y emplea los recursos locales.
- Se logra incrementar hasta 30% en la producción de los cultivos sin emplear fertilizantes químicos.
- Se puede elaborar biol en cualquier terreno donde se almacenan los residuos agrícolas (Mosquera, 2010).

Desventajas:

- Tiene un período de elaboración de 3 a 4 meses, así que se tiene que planificar su producción en el año para encontrar follaje verde de los insumos y poder usarlo durante la campaña agrícola (Arana, 2011).

2.2.4. Bacterias Solubilizadoras de Fósforo (BSF)

Las bacterias solubilizadoras de fósforo son un grupo de microorganismos que pueden ser la base para la formulación de biofertilizantes, reemplazando a muchos fertilizantes fosforados sintéticos que pueden producir daños en el medio ambiente a lo largo del tiempo (Beltrán, 2014), en la zonas de suelos andisoles dicho microorganismo cumple la función más específica para lograr desdoblar a través de un proceso de mineralización,

inmovilización, y solubilización del principal elemento de producción que es el fósforo (Patiño y Sanclemente, 2014).

Los mecanismos de la solubilización del fósforo consisten en la producción de ácidos inorgánicos y orgánicos durante el desdoblamiento de residuos orgánicos llegando así a la solubilización de una roca fosfórica (Bernal, 2010).

Existen un sinnúmero de especies de bacterias solubilizadoras de fosforo entre ellas están: *Pseudomonas striata*, *Rhizobium leguminosarium*, *Rhizobium loti*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus polymyxa*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus pulvifaciens*, *Bacillus circulans*, las cuales son las que mayor predominan en el medio y son más factibles al momento de la solubilización de dicho elemento que es importante para el desarrollo, la fotosíntesis, para transformaciones energéticas y para la actividad de algunas hormonas (Cepeda, 2008).

2.2.5. Extractos de algas marinas

Las algas marinas forman parte del ecosistema marino, y son considerados biofertilizantes con material naturales que incrementa el crecimiento, rendimiento y mejoramiento de las plantas ya que están contienen bioactivos solubles en agua, ya que pueden están en presentaciones liquidas o en polvo (Gonzalez, López, Melendres, Ramírez, Cárdenas y Munguía, 2015) y (Hernández, 2014). En la agricultura son muy beneficiosas al momento de la producción ya que la mejora e inclusive incorpora materia orgánica al suelo (Canales, 2000).

Tabla 6. Efectos de los extractos de las algas marinas en las plantas y en el suelo.

Contiene	Efectos
Microalgas cianofitas	Fijación de nitrogenado del aire, incremento de materia orgánica, ahorra agua de riego
Enzimas no desnaturalizadas.	Mejora la textura y estructura del suelo,
Un complejo de ácidos orgánicos.	ajusta el pH, hace poros, moviliza los nutrimentos del suelo, propicia la desalinización.
	Desmineraliza los suelos, los desintoxica.

	Ayuda en la absorción y en las funciones metabólicas de las plantas.
Sustancias biocidas.	Controlan algunas plagas y enfermedades de las plantas, tienen sinergismo con agroquímicos específicos. Ahorro de agroquímicos.
Reguladores de crecimiento	Ayuda al desarrollo de las plantas, les da precocidad y las vigoriza.
Macro y micro elementos.	Ahorro de fertilizantes.

Fuente: Canales, B. (2000). Enzimas-algas: posibilidades de su uso para estimular la producción agrícola y mejorar los suelos. *Terra*. Volumen 17. Número 3

2.2.6. Suelos Andisoles

Los Andisoles son suelos desarrollados sobre materiales piroclásticos depositados por erupciones volcánicas cuya principal característica es la variedad de material parental debido a la naturaleza de los materiales expulsados en las erupciones. El origen de estos suelos se debe al rápido enfriamiento de los materiales expulsados, que no permite la cristalización de los minerales con un alto grado de ordenación, resultando así un material vítreo o vidrio volcánico amorfo (Gisbert, 2010).

Son suelos volcánicos que se forman sobre cenizas y vidrios volcánicos, así como de otros materiales (Ibañez, 2011). Cuando estos suelos son jóvenes, poseen colores oscuros siendo altamente porosos, ligeros, permeables y fáciles de trabajar (Manriquez, 2010). Se caracterizan por tener propiedades ándicas, entre ellas, una alta capacidad de retención de fosfatos, lo cual afecta la normal nutrición de las plantas (Alcalá, Hidalgo y Gutiérrez, 2009).

Ocupan una superficie de unos 0,91M/km², lo que supone un 0,7% de las tierras emergidas y un 0,81% de los suelos del mundo. Su principal característica es la presencia de materiales piroclásticos como material parental que dan lugar a suelos más o menos desarrollados en los que el componente principal es el material expulsado por el volcán en una erupción. (Gisbert, 2010).

Son un orden de suelos que se da (excepto en el pergélico) en todos los regímenes de humedad y temperatura del suelo. Dependiendo de las condiciones climáticas reinantes su

evolución será más o menos rápida, así pues, un Andisol se desarrollará mucho más deprisa en una zona tropical que en una árida (Gisbert, 2010).

2.2.6.1. Características

La principal característica que diferencia un Andisol del resto de órdenes es que se trate de suelos con propiedades ándicas desarrollados sobre materiales procedentes de la erupción volcánica. Esta es la principal característica para diferenciarlos de Alfisoles, Aridisoles, Entisoles, Inceptisoles, Mollisoles, Oxisoles, Ultisoles y Vertisoles (Gisbert, 2010).

En este sentido, los Andisoles se diferencian de los Gelisoles porque estos últimos poseen un permafrost dentro de los 100 cm superficiales, o materiales gélidos de 100 cm de profundidad y permafrost dentro de los 200 cm superficiales (Ibídem).

Uno de los principales usos de los Andisoles es como aprovechamientos frutícolas, principalmente de plataneras, y como aprovechamiento de cafetales. (Ibídem).

En ellos predominan los minerales de bajo grado de ordenamiento o complejos humus, resultado de la meteorización y transformación de los vidrios volcánicos y material piroclástico expulsado tras la erupción de un volcán. En él podemos encontrar desde suelos poco desarrollados hasta suelos más maduros con materiales muy meteorizados (Ibídem). Los Andisoles acomodan a los suelos que se desarrollan en eyecciones o vidrios volcánicos bajo casi cualquier clima (excepto bajo condiciones climáticas hiperáridas). Sin embargo, pueden desarrollarse en otros materiales ricos en silicatos bajo meteorización ácida en climas húmedos y prehúmedo. Muchos Andisoles pertenecen a: Kuroboku (Japón); Andisoles (Estados Unidos de Norteamérica); Andosols y Vitrisols (Francia); y suelos sobre ceniza volcánica (Manríquez, 2007).

La degradación de suelos en las zonas estudiadas es motivada por la excesiva presión sobre los recursos que produce la agricultura de subsistencia, incrementando a su vez la pobreza. La continua degradación de los suelos mediante su recuperación, aplicando nuevos conocimientos y manejos alternativos. Además de detener los procesos erosivos, incrementara la capacidad productiva de las tierras (Herrera, 2013).

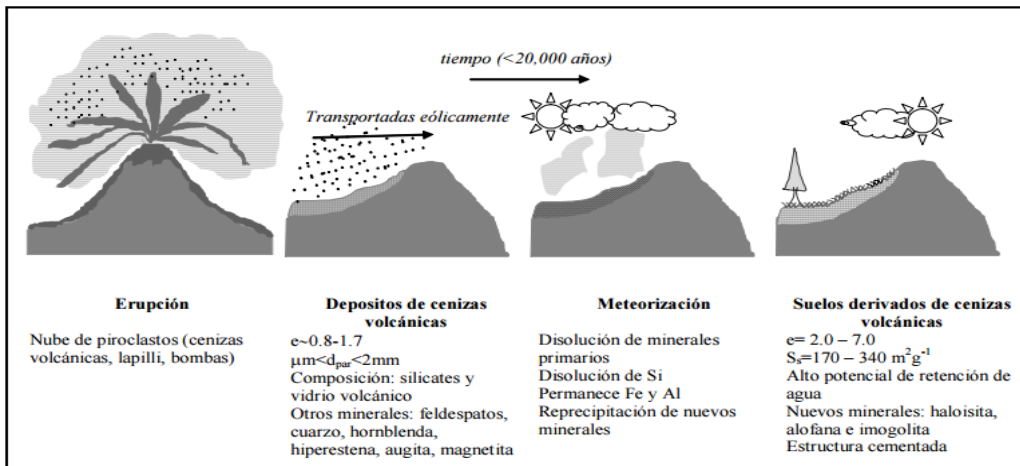


Figura 2. Formación de los suelos de origen volcánico.

Fuente: Google (2017). Recuperado en www.google.com el 09 de septiembre del 2018.

La formación de suelos de origen volcánico inicia con la generación de una nube de piroclastos durante la erupción volcánica, conformada por partículas de diámetro inferior a 2 mm, conocidas como cenizas volcánicas (Herrera, 2013).

III. METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

3.1.1. Enfoque

Cuantitativo: Usar la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías (número de papas).

Cualitativo: Realizar la medición del calibre del tubérculo de cada tratamiento y separarlo por categorías, para descubrir o afinar preguntas de investigación en el proceso de interpretación (categoría de papa) calidad de tubérculos.

3.1.2. Tipo de Investigación

Bibliográfica.- Tomando de referencia a distinta documentación como: Artículos científicos, libros, revistas, páginas web, blogs, etc., afianzando el conocimiento de las variables propuestas.

Campo.- Se enfoca dentro del desarrollo del área de la producción en el campo agrícola, teniendo en cuenta las condiciones adversas de la zona.

Aplicada.- Con el objetivo de obtener resultados, en los distintos tratamientos propuestos en el ensayo, se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA).

Experimental.- Se llevó a cabo en la Comunidad de Canchaguano en el Cantón Montufar, ciudad de San Gabriel.

Laboratorio.- Al momento del pesaje de los distintos tipos de fertilizantes químicos, se utilizó una balanza analítica, también se llevó a cabo la clasificación y pesaje de las muestras de los tubérculos.

3.2. HIPÓTESIS O IDEA A DEFENDER

Ha: Mejora la producción con las distintas alternativas de fertilización para el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum L.*) con el empleo de biol de producción local, microorganismos solubilizadores de fósforo y extracto de algas en la Comunidad de Canchaguano, Montúfar, Carchi.

Ho: No mejora la producción con las distintas alternativas de fertilización para el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum L.*) con el empleo de biol de producción local, microorganismos solubilizadores de fósforo y extracto de algas en la Comunidad de Canchaguano, Montúfar, Carchi.

3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 7. Definición y operacionalización de variables.

HIPÓTESIS	OBJETIVO GENERAL	VARIABLES	DEFINICIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	TÉCNICAS	INSTRUMENTO	INFORMANTE
<p>Ha: Mejora la producción con las distintas alternativas de fertilización para el cultivo de la papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) con el empleo de biol de producción local, microorganismos solubilizadores de fósforo y extracto de algas en la Comunidad de Canchaguano, Montúfar, Carchi.</p>	<p>Evaluar el potencial de biofertilizantes basados en el empleo de biol de producción local, microorganismos solubilizadores de fósforo y Extracto de algas como alternativas de fertilización para disminuir el consumo de fertilizantes fosfóricos en el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L) en la Comunidad de Canchaguano, Montúfar, Carchi</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE: Utilización de Bioestimulantes Microorganismos solubilizadores de fósforo, biofertilizantes y Fertilizantes químicos (Urea, Fosfato Diamónico y Muriato de Potasio).</p>	<p>Un Bioestimulante es cualquier sustancia o microorganismo que, al aplicarse a las plantas, es capaz de mejorar la eficacia de éstas en la absorción y asimilación de nutrientes, tolerancia a estrés biótico o abiótico o mejorar alguna de sus características agronómicas, independientemente del contenido en nutrientes de la sustancia.</p>	<p>Bioestimulante: Biol</p>	<p>Se aplicó en dosis recomendada por el productor de 2 ml/litro, cada 15 días desde el desarrollo hasta la floración.</p>	<p>Aplicación y observación de desarrollo del cultivo con las distintas aplicaciones.</p>	<p>Equipos de fumigación</p>	<p>Investigador</p>
			<p>Microorganismos solubilizadores de fósforo: Microorganismos rizoféricos que incrementan la solubilización del fósforo del suelo y mejoren el desarrollo radicular permite una mayor absorción de nutrientes y una mejor nutrición de las plantas.</p>	<p>Microorganismos Solubilizadores de fósforo: FOSFOTIC</p>	<p>Se realizó la aplicación de (BSF) en dosis recomendadas por el comercializador de 5 ml/litro, al momento de la siembra, deshierba y primer aporque</p>	<p>Aplicación y observación de desarrollo del cultivo con las distintas aplicaciones.</p>	<p>Equipos de fumigación</p>	<p>Investigador</p>
			<p>Los Biofertilizantes son productos a base de microorganismos benéficos del suelo, en especial bacterias y/o hongos, que viven asociados o en simbiosis con las plantas y ayudan de manera natural a su nutrición y crecimiento,</p>	<p>Biofertilizantes: Extracto de algas</p>	<p>Se aplica en dosis recomendado por el comercializador de 5 ml/litro, cada 15 días desde el desarrollo hasta la floración.</p>	<p>Aplicación y observación de desarrollo del cultivo con las distintas aplicaciones.</p>	<p>Equipos de fumigación</p>	<p>Investigador</p>

<p>Ho: No mejora la producción con las distintas alternativas de fertilización para el cultivo de la papa (<i>Solanum tuberosum L.</i>) con el empleo de biol de producción local, microorganismos solubilizadores de fósforo y extracto de algas en la Comunidad de Canchaguano, Montúfar, Carchi.</p>			además de ser mejoradores de suelo.					
			Fertilizantes químicos son productos que contiene elementos necesarios que la planta requiere para su ciclo de vida.	Fertilizantes químicos: (Urea, Fosfato Diamónico y Muriato de Potasio)	Se aplica dosis propuestas en los tratamientos a los 30 días después de la siembra, exactamente en la labor del retape.	Aplicación y observación del desarrollo del cultivo con las distintas aplicaciones	Sacos para colocar los fertilizantes químicos manualmente	Investigador
		<p>VARIABLE DEPENDIENTE: Desarrollo morfológico y productividad del cultivo de la papa (<i>solanum tuberosum L.</i>)</p>		<p>El cultivo de la papa (<i>Solanum tuberosum.L.</i>), tiene una gran importancia en la región andina de Ecuador, su cultivo se extiende por todo el mundo es la principal fuente de alimento para los habitantes de las zonas altas del país.</p>	Germinación	A los 30 días después de la siembra, se realizó la observación in situ, contando el número de semillas germinadas y se llevó a porcentaje de germinación.	Observación in situ, conteo manual y registro.	Libro de campo, registros.
Número de tallos por planta	A los 60 días después de la siembra, se realiza el conteo y se registra manualmente del número de brotes/planta, de cada uno de los tratamientos evaluados				Observación in situ, conteo manual y registro.	Libro de campo, registros.	Investigador	

				Altura de la planta	A los 60 días después de la siembra, se realiza la clasificación del tallo mejor desarrollado en la planta, colocando una liga para poder identificar el tallo que será medido en (cm), con la ayuda de un flexómetro, se mide desde la base del tallo hasta el ápice de la hoja, cada 15 días, hasta la floración, en cada tratamiento.	Observación in situ, medición manual.	Flexómetro, ligas, libro de campo, registro	Investigador
				Grosor de tallos	A los 60 días después de la siembra, se realiza la clasificación del tallo mejor desarrollado en la planta, colocando una liga para poder identificar el tallo que será medido, mediante la ayuda de un pie de rey, dejando 2 cm desde el suelo para poder tomar el diámetro, cada 15 días, en cada tratamiento.	Observación in situ, medición manual.	Calibrador (pie de rey), Libro de campo, registro	Investigador
				Número de tubérculos por planta.	En la cosecha, se cuenta el número total de tubérculos por planta y por tratamiento y se lleva al registro	Cosecha, clasificación manual de cada planta y tratamiento, registros.	Herramientas de trabajo, registros.	Investigador
				Número de tubérculos por categorías (primea, segunda, tercera).	En la cosecha, se clasifica por calibre (primera, segunda y tercera), la producción de cada planta y de cada tratamiento	Clasificación manual de cada planta, observación, registros.	Registros.	Investigador

				Peso de los tubérculos por planta total y categorías (primera, segunda y tercera)	En la cosecha, se pesa los tubérculos (kg / planta), por tratamiento total y acuerdo a las categorías (primera, segunda y tercera)	Observación en laboratorio, registro.	Balanza, registro.	Investigador
				Análisis económico	Hasta Enero del 2019 se realiza el análisis económico de las tecnologías evaluadas	Análisis económico	Relación Costo/Beneficio	Investigador

Fuente: Elaborado por: (Flores, S., 2018)

3.4. MÉTODOS UTILIZADOS

Se propuso un diseño de bloques completos al azar (DBCA), que consta de 7 tratamientos y 4 repeticiones, dando un total de 28 unidades experimentales, cada unidad experimental tiene 30 plantas con una densidad de siembra de 0.50 m entre planta y 1 m entre surco.

Tabla 8. Características del ensayo

Número de tratamientos	Siete (7)
Número de repeticiones	Cuatro (4)
Número de unidades experimentales	Veintiocho (28)
Área total del ensayo	420 m ²
Área de la parcela	15 m ²

Fuente: Elaborado por: (Flores, S., 2018)

3.4.1. Características de la Unidad experimental.

La investigación se realizó en condiciones de campo abierto, en una zona con una temperatura promedio de: 12,9 °C ambiente y una humedad relativa: 85%. Se empleó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA).

La población está representada en 420 m² con un total de 840 plantas. La muestra se constituye en la parcela neta de 15 m² comprendiendo un total de 30 plantas, las cuales se respalda con el efecto borde, por ello se escogerá las 6 plantas del medio que serán la muestra de cada parcela, en definitiva, las plantas a analizarse llegan a un total de 168.

Se implanto en la Comunidad de Canchaguano, ubicada aproximadamente a 5 kilómetros en el sureste de la Ciudad de San Gabriel la cual está ubicada en el Cantón Montúfar, Provincia del Carchi.

Limites: **Norte:** Barrio Santa Marta de Indujel, **Sur:** Comunidad San Francisco de Athal, **Este:** Comunidad Monte Verde, **Oeste:** Comunidad El Capulí.

Altitud: 2835

Coordenadas UTM: 0°32'39.7" N. 77°48'39.2" E.

Temperatura Promedio: 12,9°C

Humedad Relativa: 85%

Precipitación anual: 920 a 1200 mm aproximadamente

Tipos de suelos: Franco arcilloso, con una fertilidad muy alta, con una capa arable profunda, con partes de pendiente.

(Pastáz, 2015)

Tabla 9. Tratamientos del ensayo experimental

Tratamiento	Composición	Descripción
T1	100% NPK (Testigo)	Testigo absoluto con fertilizante N P K, 37,6 g/planta (18-46-00) + 18,6g/planta (0-0-60) + 0,45g/planta (urea).
T2	100 % NPK + FOSFOTIC	Fertilizante N P K, 37,6 g/planta (18-46-00) + 18,6g/planta (0-0-60) + 0,45g (urea) + complejo de bacterias solubilizadoras de fósforo (5ml/1L de agua).
T3	100%NK 50%P	Fertilizante N P K, 18,6g/planta (18-46-00) + 18,6g/planta (0-0-60) + 0,45g/planta (urea).
T4	100% NPK + EXTRACTO DE ALGAS	Fertilizante N P K, 37,6 g/planta (18-46-00) + 18,6g/planta (0-0-60) + 0,45g/planta (urea) + Extracto de algas comercial (5ml/1L de agua).
T5	100% NK 75%P +BIOL	Fertilizante N P K, 28g/planta (18-46-00) + 18,6g/planta (0-0-60) + 0,45g/planta (urea) + Biol de producción local (finca San Francisco bajo invernadero) (2ml/1L de agua).
T6	EXTRACTO DE ALGAS	Extracto de algas comercial (5ml/1L de agua).
T7	BIOL	Biol de producción local (finca San Francisco bajo invernadero) (2ml/1L de agua).

Fuente: Elaborado por: (Flores, S., 2018).

R3T1	R3T5	R3T3	R3T7	R3T4	R3T6	R3T2
R1T3	R1T6	R1T7	R1T4	R1T5	R1T1	R1T2
R4T5	R4T7	R4T4	R4T1	R4T6	R4T2	R4T3
R2T1	R2T7	R2T2	R2T3	R2T6	R2T5	R2T4

Figura 3. Tratamientos propuestos en diseño de bloques completamente al azar.

Fuente: Elaborado por: (Flores, S., 2018)

3.4.1.1. Variables evaluadas.

Variable Dependiente: Desarrollo morfológico y productividad del cultivo de la papa (*solanum tuberosum L.*)

- a) Porcentaje de emergencia de plantas.

Se observó minuciosamente la germinación de las plantas in situ, de cada una de las parcelas, llegando a obtener datos de la variable del número de plantas emergidas a los 30 días posteriores a la siembra, contando el número de semillas germinadas, llevándolas a porcentaje de germinación.

- b) Número de tallos

El conteo de tallos principales se lo realizo a los 60 días posteriores a la siembra, en cada una de las plantas tomadas como muestra de cada tratamiento y repetición.

- c) Diámetro de tallos

A los 60 días después de la siembra, se realiza la clasificación del tallo mejor desarrollado en la planta y tratamiento, colocando una liga para poder identificar en posteriores mediciones, realizadas cada 15 días, desde el desarrollo hasta la floración, se efectuó la medida mediante la ayuda de un calibrador o pie de rey, dejando 2 cm desde el suelo hasta la parte medida del tallo,

el registro se lo llevo a cabo en una libreta de campo expresándola en centímetros (cm), para posteriormente introducir los datos en el computador.

d) Altura de planta.

A los 60 días después de la siembra, se realiza la clasificación del tallo mejor desarrollado en la planta y tratamiento, colocando una liga para poder identificar en posteriores mediciones, realizadas cada 15 días, desde el desarrollo hasta la floración, con la ayuda de un flexómetro se mide desde la base del tallo hasta el ápice de la hoja, el registro se lo llevo a cabo en una libreta de campo expresándola en centímetros (cm), para posteriormente introducir los datos en el computador.

e) Rendimiento y peso de tubérculos por planta.

Se realiza la cosecha a los 161 días posteriores a la siembra, para obtener la producción de cada planta y de cada tratamiento, se llevó a cabo pesando los tubérculos (kg/planta) en total y de acuerdo a las categorías visualizada en la tabla 10 (primera, segunda y tercera), mediante la ayuda de una balanza apropiada en las instalaciones del laboratorio, para luego llevar a un registro computarizado.

Tabla 10. Clasificación por calibre para cada categoría.

Categoría	Dimensión
Primera	Mayor a 7 cm
Segunda	4 a 7 cm
Tercera	Menor a 3 cm

Fuente: (Mora et al., 2018)

f) Número de tubérculos por planta

Se efectuó la cosecha a los 161 días posteriores a la siembra, para proceder a tomar el número total de tubérculos por planta y por tratamiento, e inclusive el número mediante la clasificación del calibre visualizada en la tabla 10 (primera, segunda y tercera), llevando al registro computarizado.

g) Análisis Económico

Fue obtenidos en cada uno de los tratamientos propuestos basándose a los egresos e ingresos durante el desarrollo de dicha investigación, trasladando a un análisis de que cual será el mejor tratamiento y cual obtendrá mayor rentabilidad, tomando en cuenta el precio del quintal (qq) de papas en fresco en el mercado de San Gabriel, durante el periodo del año 2018, tomando un valor alto, medio y bajo, dicho coste se lo representa en qq/ha.

Variable Independiente: Utilización de Bioestimulante, microorganismos solubilizadores de fósforo (FOSFOTIC), biofertilizante (BIOL) y Fertilizantes Químicos (Urea, Fosfato Diamónico y Muriato de Potasio).

- a) Inoculación de los microorganismos (Bacterias Solubilizadoras de Fósforo (BSF)) “FOSFOTIC”.

Se procedió a inoculando las BSF mediante fumigación (drench), la primera aplicación se la realizó en el tubérculo al momento de la siembra, la segunda en los tallos al instante de la deshierba y la tercera también al tallo al momento del primer aporque, la dosis establecida por el comerciante es de 5ml por cada litro de agua, colocando en los respectivos tratamientos.

Tabla 11. Inoculación de los microorganismos (Bacterias Solubilizadoras de Fósforo).

Producto	Dosis	N.º de aplicaciones
Bacterias Solubilizadoras de Fósforo (Fosfotic)	5 milímetros / 1 Litro de agua	3 aplicaciones, durante la siembra, deshierbe y primer aporque.

Fuente: Elaborada por: (Steven, F., 2018)

- b) Aplicación del bioestimulante (Biol) y biofertilizante (Extracto de algas)

Se realizaron las aplicaciones con sus respectivas dosis propuestas por el productor (BIOL) y comercializador (EXTRACTO DE ALGAS) presentado en la tabla 12, ejecutando una

fumigación mediante drench al follaje de la planta en cada uno de los tratamientos propuestos, cada 15 días, desde el desarrollo hasta la floración.

Tabla 12. Aplicación de bioestimulante y biofertilizante

Producto	Dosis	N.º de aplicaciones
Bioestimulante (Biol)	2 milímetros / 1 Litro de agua	Cada 15 días, desde el desarrollo hasta la floración.
Biofertilizante (Extracto de algas)	5 milímetros / 1 Litro de agua	Cada 15 días, desde el desarrollo hasta la floración.

Fuente: Elaborada por: (Steven, F., 2018)

c) Fertilizantes Químicos (Urea, Fosfato Diamónico y Muriato de Potasio).

Se realizaron las aplicaciones de las distintas dosis de cada uno de los fertilizantes utilizados como se indica en la tabla 13, en este caso Urea (46-00-00), Fosfato Diamónico (18-46-00) y Muriato de Potasio (00-00-60), las aplicaciones fueron manualmente a cada una de las planta a los 30 días después de la siembra en el momento del retape.

Tabla 13. Fertilizantes Químicos (Urea, Fosfato Diamónico y Muriato de Potasio).

DOSIS	FÓSFORO (P)	NITRÓGENO (N)	POTASIO (K)
	Fosfato Diamónico (18-46-00)	Urea (46-00-00)	Muriato de Potasio (00-00-60)
NK100%P	37,6 gr/planta	0,45 gr/planta	18,6 gr/planta
NK50%P	18,6 gr/planta	0,45 gr/planta	18,6 gr/planta
NK75%P	28 gr/planta	0,45 gr/planta	18,6 gr/planta

Fuente: Elaborado por: (Flores, S., 2018)

3.4.2. Materiales y equipos

- Semilla de papa variedad “súper chola”
- Bioestimulante: Biol de producción local
- Microorganismos: Fosfotíc (complejo de bacterias solubilizadoras de fósforo)
- Biofertilizantes: Extracto de algas
- Fertilizantes edáficos N P K: (18-46-00), Potasa: (00-00-60) y Urea (40-00-00)
- Fundas plásticas
- Marcadores permanentes
- Costales
- Herramientas de trabajo (Azadón)
- Piola
- Estacas
- Bidón
- Manguera
- Botella
- Bomba de fumigación manual de 20 litros de capacidad.
- Balanza digital micrométrica
- Calibrador o pie de rey
- Metro

- Libreta de campo
- Esfero / lápiz
- Computadora
- Flash Memory
- Calculadora
- Cámara fotográfica
- Celular

3.4.3. Procedimiento.

a) Producción de Biol

Se procedió a realizar el biol en la finca experimental San Francisco de la ciudad de Huaca bajo invernadero con el propósito de acelerar la descomposición de la materia orgánica, por lo cual se utilizó un bidón de 200 litros, manguera 2 metros aproximadamente y una botella.

Se colocó lo siguiente en el bidón para realizar 200 litros de biol: con 100 kg de estiércol de vaca, 10 kg de alfalfa y 2 kg de ortiga. Una vez puestos los anteriores materiales se procede a colocar agua hasta los 180 litros, mezclamos los ingredientes, luego se realizó un orificio en la parte de la tapa para colocar la manguera, en el otro extremo de la manguera estará incrustada a la botella con un nivel de agua apropiado para que no ingresara aire, inmediatamente se cierra herméticamente el bidón y se esperó por un lapso de 2 meses para su cosecha.



Figura 4. Preparación del biol.

Fuente: Flores, S. (2018)

b) Análisis de suelo

Se tomó 20 submuestras en distintas partes del área a sembrar en forma de zigzag, para luego colocarlas en un solo recipiente y mezclarlas, obteniendo así una muestra madre de toda el área que se propuso el ensayo en la Comunidad de Canchaguano.



Figura 5. Toma de muestras (suelo).

Fuente: Flores, S. (2018)

c) Preparación del terreno

Se realizó a la preparación del terreno mediante maquinaria agrícola, procediendo a efectuar la labor del arado y rastrado.

d) Instalación del ensayo

Se estableció el ensayo a campo abierto con un área total de 420 m², midiendo el terreno en parcelas divididas de 5m x 3m con un área total de la parcela de 15 m² que contenía 30 plantas, el experimento se instala mediante un diseño en bloques completos al azar, donde se distribuyeron los 7 tratamientos propuestos con biol de producción local, baterías solubilizadores de fósforo y extracto de algas, en comparación con la fertilización química, y las 4 repeticiones.



Figura 6. Medición del área experimental.

Fuente: Flores, S. (2018)

e) Siembra

Se realizaron los surcos con una surcadora de tracción animal a una distancia de 1 metro, la siembra fue de manera manual con semilla de buena calidad (certificada), se colocó un tubérculo de papa variedad Superchola por cada sitio de siembra en este caso cada 50 centímetros entre planta, en esta etapa se procede a realizar la primera aplicación del Fosfotíc (BSF).



Figura 7. Surcada, Siembra y aplicación del Fosfotíc (BSF).

f) Germinación

A los 30 días se observó el grado de germinación en cada uno de los tratamientos y repeticiones, llevándolos a un registro, para luego realizar los respectivos análisis,

En esta etapa se tuvo un problema debido a que en el momento de implantar el ensayo se obtuvo mayor cantidad de precipitaciones en la zona, por lo tanto, se perdieron algunas plantas debido a la pudrición provocada por la humedad de dicho cambio climático, en este período se procede a la resiembra, que consta sustituir la semilla dañada por una buena, en este caso un nuevo tubérculo.



Figura 8. Germinación y semilla dañada.

Fuente: Flores, S. (2018)

g) Fertilización

Se colocaron los fertilizantes químicos al momento del retape, tomando en cuenta cada tratamiento propuesto, se optó a implementar las dosis adecuada según estos datos proporcionados por el Ing.: Luis Tipas de la casa comercial Agromundo, indicando la cantidad que el productor de la zona utiliza con más frecuencia (135 kg de Nitrógeno, 335 kg de Fosforo y 225 de Potasio) por hectárea, luego se calcularon dichas cantidades minimizando para cada planta como se visualiza en la tabla 13, se tuvo que aplicar respectivamente según la dosis requerida en cada tratamiento utilizando mezclas físicas del 18-46-00, el cual contiene la cantidad de fósforo necesaria , también se utilizó Muriato de Potasio (00-00-60) el cual contiene Potasio (K) y por último la Urea (46-00-00) que contiene Nitrógeno.

Cálculos:

Requerimiento para una hectárea: 135N-335P-225K

135N.....10000 m ²	335P.....10000m ²	225K.....10000m ²
X-.....15m ²	X.....15m ²	X.....15m ²
X=0,2025 kg de N	X=0,5175 kg de P	X=0,3375 kg de K

Fósforo (P)

100 % de 18-46-0046 kg	75% de 18-46-00.....46 kg
X.....0,5175 kg	X.....0,5175 kg
X= 1,13 kg de P 100 %	X= 0,84 kg de P 75 %

50% de 18-46-00.....46 kg
 X.....0,5175 kg
 X=0,56 kg de P 50%

Respuesta:

100%= 1,13 kg/30 plantas= 0,0376 kg= 37,6 gr/planta
 75%= 0,84 kg /30 plantas=0,028 kg= 28 gr/planta
 50%= 0,56 kg /30 plantas= 0,018 kg= 18 gr/planta

Fosfato Diamónico (18-46-00)

100..... 46kg	100.....18 kg	100.....46 kg
X.....335 kg	728,26kg.....X	X.....4kg
X= 728,26 kg P	X=131,08 N necesidad de 135 faltan 4 kg	X= 0,013 kg

728/46=16 qq de 18-46-00 en ha⁻¹

Urea (46-00-00)

100....46 N	9 kg.....10000 m ²	0,0135kg=13,5 gr/30 plantas 0,45 gr/planta
X.....4 kg N	X.....15 m ²	
X= 9kg de urea ha	X=0,0135 kg de Urea	

Muriato de potasio (00-00-60)

100.....60 X= 375/50= 8qq de muriato de potasio en ha
 X.....225
 375kg.....10000m²
 X.....15m²
 X= 0,5625 kg de K por cada parcela
 0,5625 kg/30 plantas= 0,0186 kg/planta

Respuesta: 18,6 gramos de 00-00-60/planta

Tabla 14. Dosis NPK tratamientos

DOSIS	FOSFORO (P)	NITRÓGENO (N)	POTASIO (K)
	(18-46-0)	UREA	POTASA (0-0-60)
NK100%P	37,6 gr/planta	0,45 gr/planta	18,6 gr/planta
NK50%P	18,6 gr/planta	0,45 gr/planta	18,6 gr/planta
NK75%P	28 gr/planta	0,45 gr/planta	18,6 gr/planta

Fuente: Elaborado por: (Flores, S., 2018)

h) Retape

La labor se ejecutó manualmente con un azadón o pala, colocando una pequeña porción de tierra en la parte superior de la planta germinada, se realiza esto para que la planta salga con más fuerza a la superficie, antes del retape se situó las dosis propuestas del abono químico a probar en los tratamientos respectivos, dicho trabajo se realizó a los 30 días después de la siembra. Se procedió a realizar la segunda aplicación del Fosfotic (BSF) y se comienza la aplicación del biofertilizante y bioestimulante.

En dicha etapa también se realizó el control fitosanitario con trichodermas y bauveria.



Figura 9. Labor del retape.

Fuente: Flores, S. (2018)

i) Deshierbe

Labor que se efectuó a los 15 días después del retape, consiste en retirar la maleza mediante la ayuda de una pala o azadón, despejando la planta de cualquier tipo de maleza que pueda impedir el desarrollo.



Figura 10. Plantas libres de maleza

Fuente: Flores, S. (2018)

j) Medio aporque.

Se efectuó manualmente utilizando un azadón o pala, colocando aproximadamente 20 centímetros de suelo en los tallos de la planta, constituyendo así un sostén de la misma, la labor se ejecutó a los 15 días después de la deshierba, en el cual se observa una progresión y una diferenciación en los tratamientos.

Se realizar la última dosificación del Fosfotic (BSF).

En este período se toma los datos del número de tallos, altura y diámetro por planta, en dicho tiempo se obtuvo un dato correspondiente al número de tallos y datos del diámetro y altura de planta.



Figura 11. Retape y Fumigación Biol, (BSF), Extracto de algas



Figura 12. Toma de diámetro y altura de planta

Fuente: Flores, S. (2018)

k) Aporque.

El aporque se lo efectuó manualmente a los 90 días después del medio aporque, donde con la ayuda de un azadón se eleva aproximadamente 30 a 40 centímetros de suelo a los tallos, esto se debe realizar para que los estolones no salgan a la superficie y que den la formación de nuevos tubérculo, esperando así ya la maduración del tubérculo para la pronta cosecha.



Figura 13. Plantas aporcadas

Fuente: Flores, S. (2018)

l) Cosecha.

Realizada de forma manual a los 161 días de haber implantado el ensayo, se la efectuó con la ayuda de un azadón, el método consiste en extraer los tubérculos de la planta madura. La labor se la ejecuto con la intención de analizar el rendimiento y calidad de producción en cada uno de

los tratamientos establecidos, clasificando los tubérculos por categorías (primera, segunda y tercer) tomando en cuenta los datos que son en número y el peso de los tubérculos de cada planta muestra, identificada con la liga.



Figura 14. Cosecha y clasificación de tubérculos.

3.4.4. Análisis Estadístico (InfoStat)

Se realizó el respectivo análisis de las variables evaluadas en la investigación, con la ayuda del programa estadístico InfoStat, el estudio se llevó a cabo con ANAVA mediante la prueba de Tukey al nivel de significancia del 5%, ya que el trabajo está basado en un diseño de bloques completos al azar (DBCA), que consta de 7 tratamientos y 4 repeticiones, dando un total de 28 unidades experimentales, luego de haber realizado el análisis se procedió a interpretar los datos obtenidos de acuerdo a las distintas variables que se estudiaron.

Tabla 15. Representación del análisis de la varianza

FUENTE DE VARIACION	Formula	GRADOS DE LIBERTAD
Total	$Tr-1$	27
Tratamientos	$T-1$	6
Repeticiones	$r-1$	3
Error experimental	$(T-1)(r-1)$	18

Realizado por: Flores, S. (2018)

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Porcentaje promedio de emergencia de plantas a los 30 días post siembra.

En la etapa de emergencia se realizó la toma de datos respectiva determinando que no existen diferencias significativas entre tratamientos, se observó que algunas plantas no emergieron debido a la pudrición presentada en dicha semilla, la misma que se produjo por la humedad emanada por el incremento de precipitación en la zona.

En este caso los tratamientos que mayor número de porcentaje de germinación fueron los T6 (Extracto de algas) y T7 (Biol), con valores de 99,17 % en cambio los otros tratamientos tuvieron más incidencia a la pudrición, en el momento del retape a los 30 días posteriores de la siembra fueron reemplazadas.

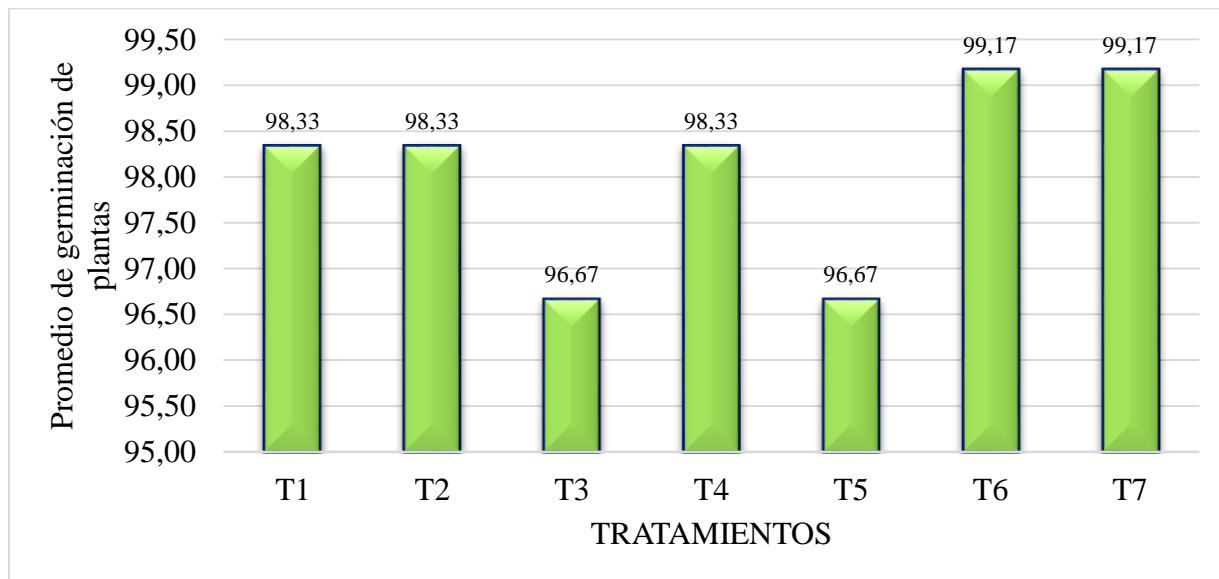


Figura 15. Porcentaje de germinación a los 30 días post siembra

4.1.2. Número promedio de tallos a los 60 días post siembra.

En la variable del número de tallos se realizó el ANAVA, el cual se presenta en la tabla 16 donde se determinó que no hay diferencias significativas entre tratamientos ($p=0,2444$), por lo tanto se aplicó la prueba de Tukey y su gráfico de dicha variable en la figura 16.

Tabla 16. Número promedio de tallos a los 60 días post siembra.

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	6,17	9	0,69	2,53	0,0446
Repetición	3,79	3	1,26	4,66	0,0140
Tratamiento	2,38	6	0,40	1,47	0,2444
Error	4,87	18	0,27		
Total	11,04	27			
CV (%)	9,06				

En este caso el mayor número de tallos se encontró en el tratamiento T3 (100% NK+50%P) donde el promedio fue de 6,13 tallos por planta, debido a que consta de nitrógeno (N) presente en un 100%, el cual ayuda a la planta a crear masa vegetal por ello se presenta mayor cantidad de tallos en este tratamiento (Pumisacho et, al. 2002), el siguiente es el T7 (BIOL) con un promedio de 6 tallos, constando de un biofertilizante que contiene fitoreguladores que ayudan a la estimulación del crecimiento de la planta mejorando su follaje y la activación de su vigor (Toalombo, 2013). En cambio, el de menor número de tallos lo obtuvo el T6 (EXTRACTO DE ALGAS) con un valor de 5,29 tallos por planta, observando una diferencia entre tratamientos en la figura 16.

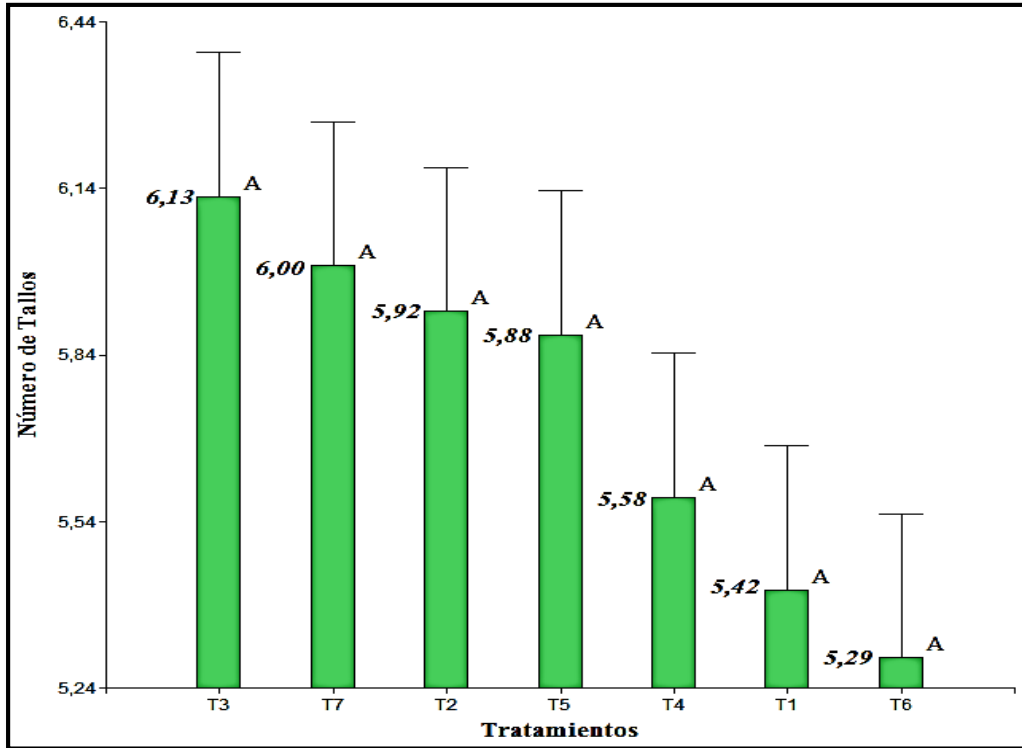


Figura 16. Número promedio de tallos a los 60 días post siembra.

4.1.3. Altura promedio de planta (cm) a los 135 días post siembra.

El ANAVA del promedio total del crecimiento de las plantas, se muestra en la tabla 17, estableciendo que hay diferencias significativas entre tratamientos ($p=0,0244$), la cual se la interpretar mediante la variación en la figura 17.

Tabla 17. Altura promedio de planta (cm) a los 135 días post siembra.

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	351,52	9	39,06	3,36	0,0138
Repetición	125,06	3	41,69	3,58	0,0344
Tratamiento	226,45	6	37,74	3,24	0,0244
Error	209,53	18	11,64		
Total	561,05	27			
CV (%)	4,96				

En la interpretación de la altura de planta, se puede observar que los tres tratamientos mejores son: el T4 (100% NPK+EXTRACTO DE ALGAS) con una altura promedio de 73,97 cm, luego el T3 (100% NK+50%P) con una altura promedio de 72,25 cm, seguido del T7 (BIOL) con una

altura promedio de planta de 67,75 cm., y posteriormente el que menor altura promedio obtuvo fue el T6 (EXTRACTO DE ALGAS) con una altura de planta de 66,00 cm.

Según Yáñez (2017) manifiesta que, las algas marinas ayudan al mejor desarrollo de la planta por tener macro y micro elementos que lo componen, además por contener un gran número de diferentes azúcares que se encuentran presentes en las paredes celulares de las algas actuando como gancho en los procesos de desencadenamiento de mecanismos de defensa e inmunidad de las plantas, así mismo FARMAGRO (2018) manifiesta que, la utilización de NPK más la combinación de extractos de algas mejora la uniformidad en la liberación de nutrientes del suelo.

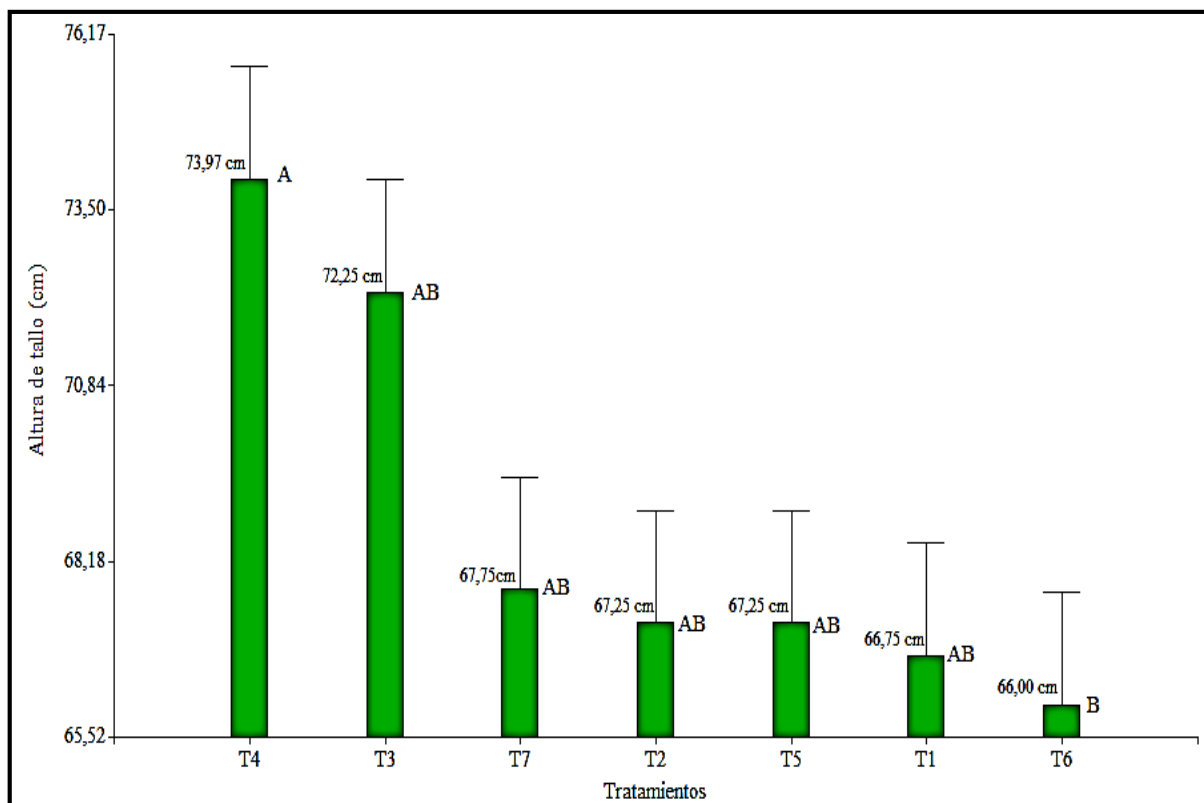


Figura 17. Altura promedio de planta (cm) a los 135 días post siembra.

4.1.4. Diámetro promedio de tallo (cm) a los 135 días post siembra.

La tabla 18 muestra el ANAVA, indicando que hay diferencias significativas ($p=0,0128$), observando en la figura 18 la interpretación de prueba de medias de Tukey a nivel de

significancia de 5%, donde se comprueba que existe una diferenciación en el promedio del diámetro de cada tratamiento.

Tabla 18. Diámetro promedio de tallo (cm) a los 135 días post siembra.

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	0,15	9	0,02	3,08	0,0201
Repetición	0,03	3	0,01	1,66	0,2110
Tratamiento	0,12	6	0,02	3,79	0,0128
Error	0,09	18	0,01		
Total	0,24	27			
CV (%)	5,53				

En la figura 18, se observa que el tratamiento con mayor diámetro fue el T4 (100% NPK+EXTRACTO DE ALGAS) con 1,46 cm/tallo, mientras el que se obtuvo con menor promedio de diámetro fue el T6 (EXTRACTO DE ALGAS) con 1,24 cm/tallo.

Según Salazar (2016) muestra que, el extracto de algas con la asociación de la fertilización NPK tiene efectos positivos sobre el vigor de las plantas lo que se representa como una alternativa eficaz para la producción de hojas y flores.

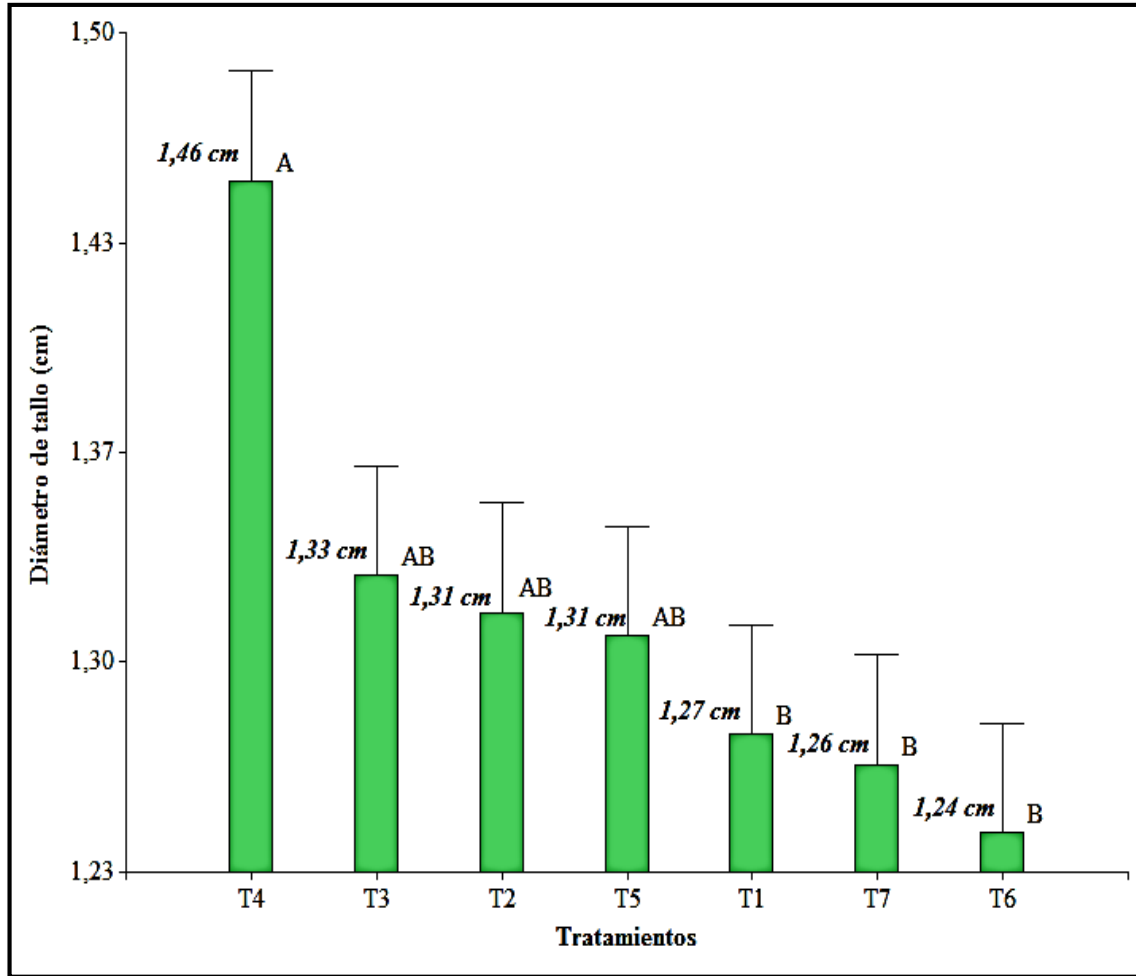


Figura 18. Diámetro promedio de tallo (cm) a los 135 días post siembra.

4.1.5. Rendimiento promedio de cosecha (kg/planta) a los 161 días post siembra.

En la tabla 19, se observan diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p=0,0210$), por lo cual se realizó un análisis de la interpretación grafica de la figura 19.

Tabla 19. Rendimiento promedio de cosecha (kg/planta) a los 161 días post siembra.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,23	9	0,14	2,40	0,0546
Repetición	0,08	3	0,03	0,46	0,7127
Tratamiento	1,15	6	0,19	3,37	0,0210
Error	1,03	18	0,06		
Total	2,26	27			
CV (%)	11,89				

En la figura 19 se analiza, que el mejor tratamiento en rendimiento es el T2 (100% NPK + FOSFOTIC) con 2,29 Kg/planta, destacándose también el T4 (100% NPK+EXTRACTO DE ALGAS) con 2,21 Kg/planta, pero el que se registró con menor rendimiento fue el T7 (BIOL) con 1,70 Kg/ plantas.

Según Mora, Aguilar, Ruiz, Balarezo y Benavides (2018), manifiestan que: los resultados obtenidos con el empleo de 100% NPK + FOSFOTIC tiene una influencia positiva en la parte de la producción de tubérculos en el cultivo de papa (*solanum tuberosum L.*).

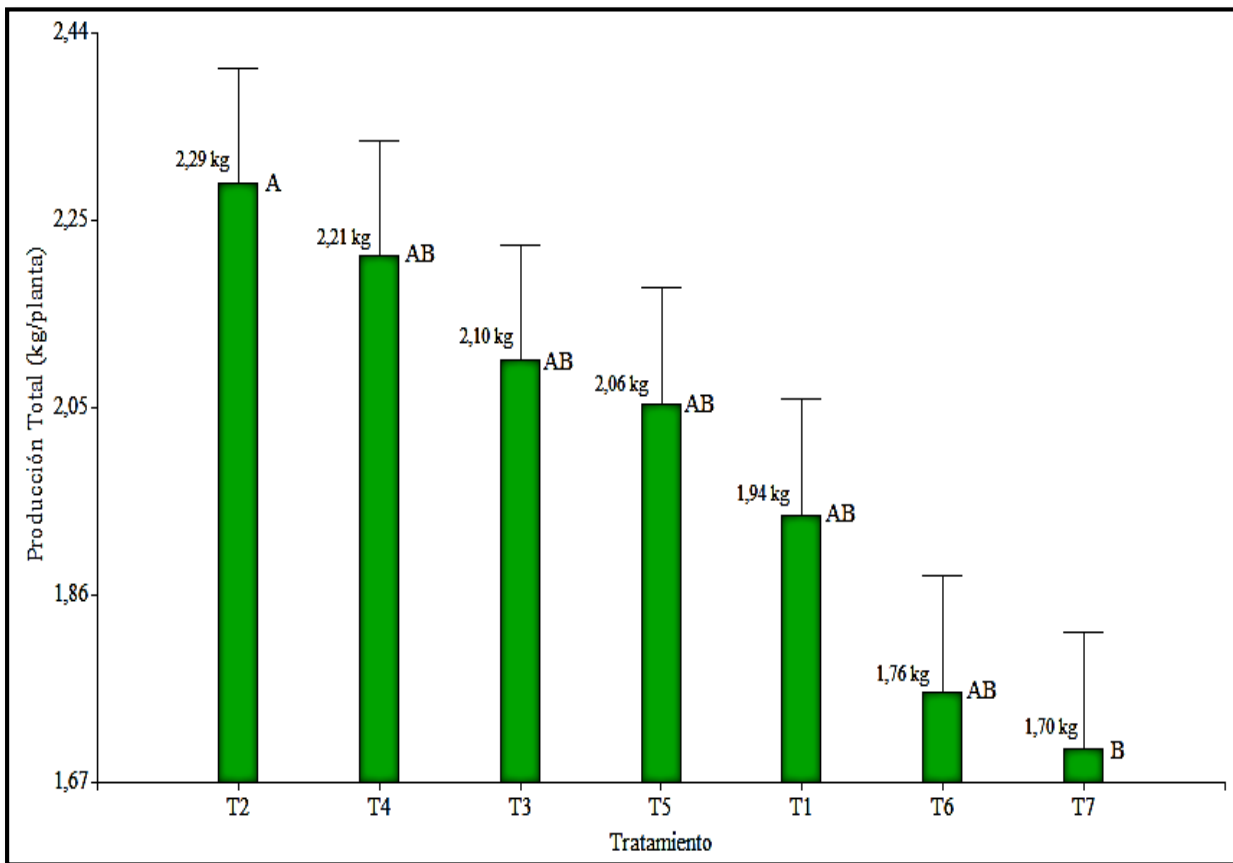


Figura 19. Rendimiento promedio de cosecha (kg/planta) a los 161 días post siembra.

4.1.6. Rendimiento promedio de cosecha (kg/planta) categoría primera a los 161 días post siembra.

Para el rendimiento de cosecha en papa de primer categorías se observa en la tabla 20, que existen diferencias significativas entre tratamientos ($p=0,0193$), pero la cual se analiza en la figura 20, que el de mayor peso en el grado de primera es el T2 (100% NPK + FOSFOTIC) con

un peso de 1,54 kg/planta ubicándose en el rango A, siguiéndole el T4 (100% + EXTRACTO DE ALGAS) con 1,47 kg/planta y con el de menor peso está el T7 (BIOL) con 1,06 kg/planta ubicándose en el rango B.

Tabla 20. Rendimiento promedio de cosecha (kg/planta) categoría primera a los 161 días post siembra.

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	0,98	9	0,11	2,82	0,0293
Repetición	0,18	3	0,06	1,58	0,2293
Tratamiento	0,80	6	0,13	3,44	0,0193
Error	0,70	18	0,04		
Total	1,68	27			
CV (%)	15,05				

Se podría explicar que según Mora et, al (2018) aún mantiene una mayor ganancia de peso en tubérculos de primera el T2 por estar asociando la fertilización sólida normal del agricultor y una de las alternativas probadas anteriormente en otras investigaciones que son las bacterias solubilizadoras de fósforo, que tienen un potencial eficiente al momento de desdoblar el fósforo inorgánico presente en el suelo para que sea absorbido por la planta, ya que el fósforo cumple la funciones específicas como la generación de energía para los distintos procesos de la planta, mejora la captación de otros nutrientes y en el cultivo de papa ayuda a la rápida formación de tubérculos conjuntamente con el crecimiento de raíces (Pumisacho y Sherwood, 2002).

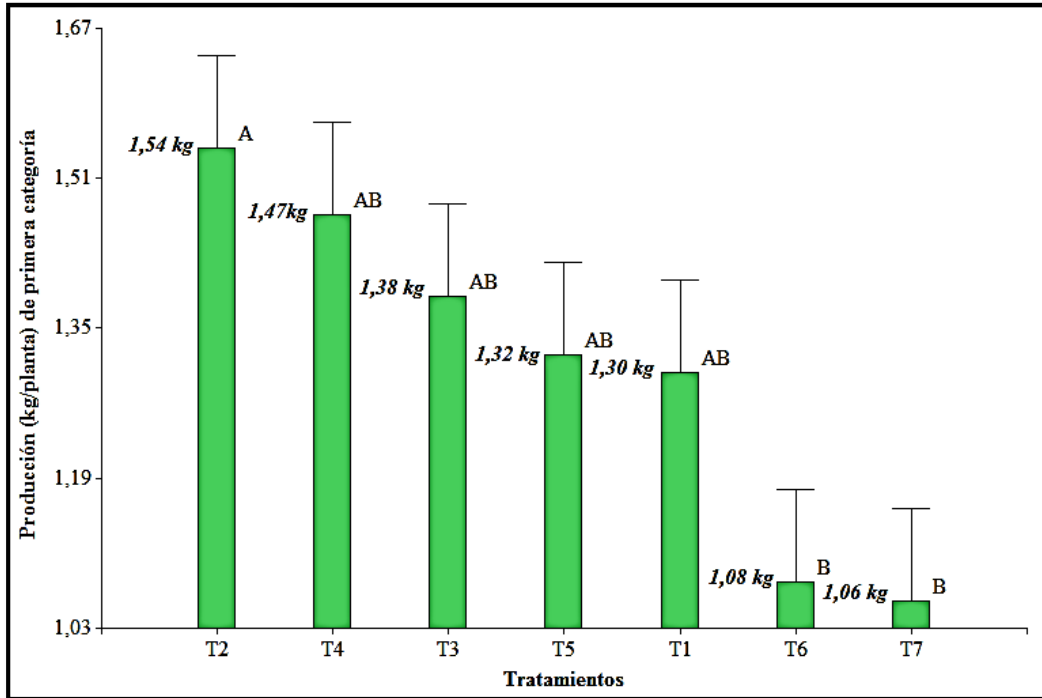


Figura 20. Rendimiento promedio de cosecha (kg/planta) categoría primera a los 161 días post siembra.

4.1.7. Número promedio de tubérculos (primera categoría) a los 161 días post siembra.

Se observa en la tabla 21, que no se encuentran diferencias significativas estadísticas debido que el número de tubérculos no está dado en una gran variación de dicho dato, por ello se analiza en la figura 21, donde se visualiza la cantidad de tubérculos de primera categoría por planta.

Tabla 21. Número promedio de tubérculos (primera categoría) a los 161 días post siembra.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	36,86	9	4,10	2,15	0,0800
Repetición	6,65	3	2,22	1,16	0,3510
Tratamiento	30,21	6	5,03	2,64	0,0513
Error	34,32	18	1,91		
Total	71,18	27			
CV	12,43				

En la figura 21 se muestra, que el T2 aún se mantiene en primer lugar, constando de mayor cantidad de tubérculos de primera con 12,88 tubérculos por planta, donde se refleja el poder de los microorganismos que desdoblán el fósforo en el suelo y utilizan mecanismos que crean el P

inorgánico en orgánico para la absorción de la planta (Patiño, et, al. 2014), y conjuntamente con la dosis aplicada del NPK ayuda a la maduración y engrosamiento de los tubérculos (Pumisacho, et, al. 2002).

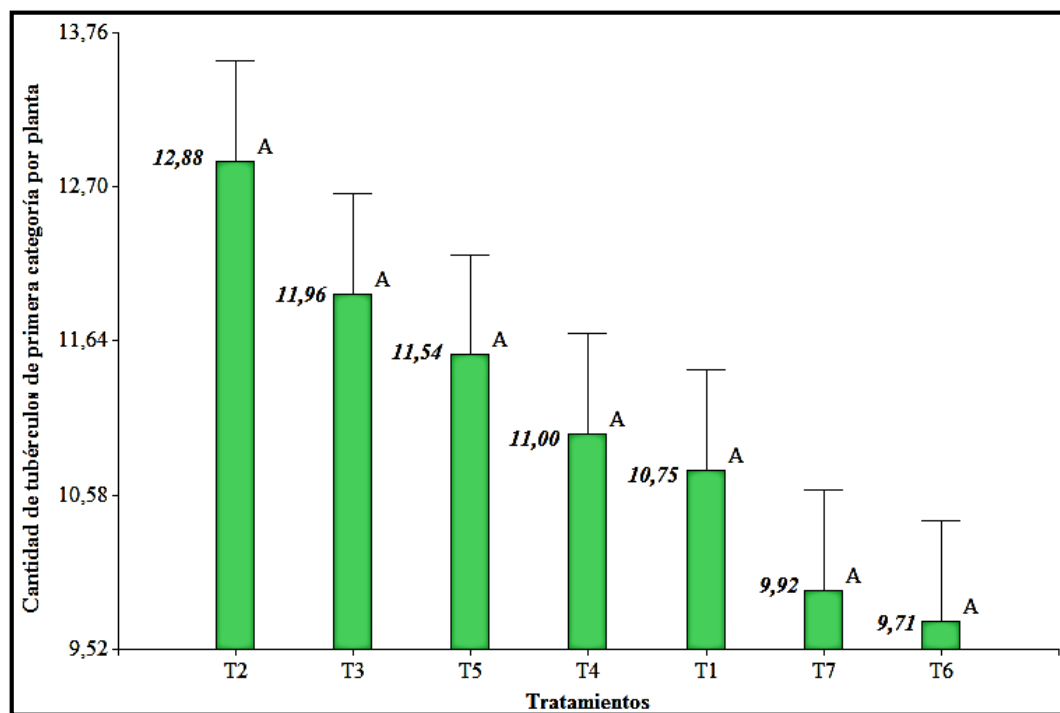


Figura 21. Número promedio de tubérculos (primera categoría) a los 161 días post siembra.

4.1.8. Relación Costo-Beneficio

La relación costo-beneficio se presenta en las tablas: 22, 23 y 24 donde se muestran los respectivos análisis de costos de producción basados en el área experimental de 420 m² del cultivo de papa, a partir de la incrementación racional de los valores del experimento, haciendo una proyección a una densidad de siembra de 10000 m² (ha⁻¹), de cada uno de los tratamientos evaluados, pero dichos costos pueden variar según el precio de venta del quintal del tubérculo, en este año ha variado algunas veces según el MAGAP (2018), por ello se presenta una tabla por cada precio, tomando en cuenta el alto, medio y bajo valor del quintal, analizando así la realidad de la agricultura, observado verdaderas pérdidas y ganancias de acuerdo el valor del producto vendido en fresco en el mercado de San Gabriel.

Tabla 22. Relación costo-beneficio de cada tratamiento en qq/ ha⁻¹ con un precio promedio de 18 USD el quintal.

Tratamientos	Costo Total cada/tratamiento (ha ⁻¹) (USD)	Producción (qq/ ha ⁻¹)	Venta (USD)	Utilidad (USD)	Costo/Beneficio (USD)
T1	5360,51	853,87	15369,66	10009,15	1,87
T2	5683,70	1007,7	18138,60	12454,90	2,19
T3	5240,52	924,59	16642,62	11402,10	2,18
T4	5625,65	972,68	17508,24	11882,59	2,11
T5	5330,20	905,39	16297,02	10966,82	2,06
T6	4563,35	774,09	13933,62	9370,27	2,05
T7	4471,26	748,44	13471,92	9000,66	2,01

Tabla 23. Relación costo-beneficio de cada tratamiento en qq/ ha⁻¹ con un precio promedio de 13 USD el quintal.

Tratamientos	Costo Total cada/tratamiento (ha ⁻¹) (USD)	Producción (qq/ ha ⁻¹)	Venta (USD)	Utilidad (USD)	Costo/Beneficio (USD)
T1	5360,51	853,87	11100,31	5739,80	1,07
T2	5683,70	1007,7	13100,10	7416,40	1,30
T3	5240,52	924,59	12019,67	6779,15	1,29
T4	5625,65	972,68	12644,84	7019,19	1,25
T5	5330,20	905,39	11770,07	6439,87	1,21
T6	4563,35	774,09	10063,17	5499,82	1,21
T7	4471,26	748,44	9729,72	5258,46	1,18

Tabla 24. Relación costo-beneficio de cada tratamiento en qq/ ha⁻¹ con un precio promedio de 5 USD el quintal.

Tratamientos	Costo Total cada/tratamiento (ha ⁻¹) (USD)	Producción (qq/ ha ⁻¹)	Venta (USD)	Utilidad (USD)	Costo/Beneficio (USD)
T1	5360,51	853,87	4269,35	-1091,16	-0,20
T2	5683,70	1007,7	5038,50	-645,20	-0,11
T3	5240,52	924,59	4622,95	-617,57	-0,12
T4	5625,65	972,68	4863,40	-762,25	-0,14
T5	5330,20	905,39	4526,95	-803,25	-0,15
T6	4563,35	774,09	3870,45	-692,90	-0,15
T7	4471,26	748,44	3742,20	-729,06	-0,16

Se puede notar que según el precio del quintal de papa en fresco varía la utilidad, por lo cual en la tabla 22, que posee un valor de venta de 18 USD el quintal, los que mayor costo-beneficio tiene son el T2 (100%NPK+FOSFOTIC) con 2,19 USD y el T3 (100% NK+50%P) con 2,18 USD, refiriéndose que por cada dólar invertido hay una ganancia de 1,19 USD y 1,18 USD respectivamente, el T1 (100%NPK) testigo consta de un valor de 1,87 USD haciendo notar que si hay una ganancia de 0,87 USD por cada dólar invertido, ubicándose en el último puesto.

En la tabla 23 el C/B se observa una ganancia regular, debido al precio de venta del quintal de papa que es de 13 USD, con una ganancia mayoritaria en los tratamientos T2 (100%NPK+FOSFOTIC) con 1,30 USD y el T3 (100% NK+50%P) con 1,29 USD, refiriéndose a que por cada dólar invertido hay una ingreso de 0,30 USD y 0,29 USD respectivamente, pero el ingreso en el T1 (100%NPK) testigo, consta con una utilidad de 1,07 USD refiriéndose a que de cada dólar invertido mantiene una ganancia de 0,07 USD manteniéndolo en la investigación como el tratamiento con menor C/B.

En las tabla 24 se observa una realidad catastrófica presente en algunas ocasiones, ya que los valores de venta bajan precipitadamente, en este caso se ha tomado el valor más bajo que es de 5 USD, resaltando una perdida inmensa en el cultivo, que en realidad algunos agricultores optan por dejar las siembras de papa sin cosechar por el miedo a los grandes quebrantos que se producen, aquí observamos que la mayor pérdida se produce cuando el agricultor opta por colocar el 100% de NPK que es la dosis que comúnmente se llama el uno por uno. En este caso la tabla representa pérdidas en todos los tratamientos pero en el que menor se pierde es en el T2 (100%NPK+FOSFOTIC) con un valor de C/B es de -0,11 USD, refiriéndose a que por cada dólar invertido se pierde el 1,11 USD. Manteniendo al T1 (100%NPK) testigo con el que mayor pérdida se da ya que su C/B es de -0,20 USD, dando a notar que por cada dólar invertido se pierde 1,20 USD.

4.2. DISCUSIÓN

Una de las mejores alternativas propuestas en la investigación en parte de la producción fue la interacción de la fertilización fosfórica y el Fosfotic que consta de bacterias solubilizadoras de fósforo T2 (100% NPK + FOSFOTIC) con un valor total de producción de 2,29 kg/planta que se desglosa en 1,54 kg/planta del peso en producción de categoría de primera, aunque se puede observar que su altura fue 67,25 cm un poco más baja que la del T7 (BIOL) con 67,75 cm pero

considerando que el que mayor altura y diámetro de tallo fue el T4 (100% NPK + EXTRACTO DE ALGAS) con 73,97 cm de altura y 1,46 cm de diámetro con una producción de 2,21 kg/planta que casi fue igual al T2, esto se debe a que el T2 tiene la interacción de NPK + Fosfotico que ayuda al desdoblamiento de P gracias a los microorganismos solubilizadores de fósforo presentes, con esto se puede analizar que estas plantas absorbieron dicho nutriente importante para el desarrollo del tubérculo desde la parte de sus raíces manteniendo una producción bastante alta (Beltràn, 2014), en cambio el T4 interactuado así mismo con 100%NPK+ Extracto de algas, incorporaron nutrimentos desde sus raíces y desde la parte de su follaje.

Los tratamientos que alcanzaron mayor vigor de planta pero no alcanzaron la formación de tubérculos según lo esperado fueron T5 (100%NK75%P + BIOL) y el T7 (BIOL) que constan principalmente de biol de producción local el cual es responsable de hacer voluminoso el follaje de la planta por constar de hormonas y fitorreguladores que ayudan a la estimulación de crecimiento, nutrición y resistencia foliar, en este caso la resistencia de las plantas se ven favorecidas al momento del ataque de plagas y enfermedades, inclusive es un buen desestresante para las plantas en situaciones de cambios climáticos adversos, evitando el deterioro de la planta en casos de heladas (Vásquez, 2008).., por lo tanto el biol puede ser un gran aliado al momento de la rehabilitación de pastos por tener esa capacidad de dar amplio rendimiento en materia verde y seca manteniendo una mayor cobertura en pastos bajando inclusive los costos de producción en el mismo (Jiménez, 2011).

En la parte económica se observó que la utilidad es buena en todos los tratamientos probados cuando el precio del tubérculo en fresco está por encima de los 13 USD llegando a un costo-beneficio mutuamente alcanzable para el productor, pero si el precio está bajo los 13 USD se puede conocer que hay grandes pérdidas para el agricultor, en sí, se analiza que el C/B depende del precio del producto en venta. Los tratamientos con mayor alto índice de utilidad son T2, T3, T4 por tener mayor producción e inclusive mantienen un C/B muy rentable, por otro lado, el T1 que es el tratamiento testigo (100% NPK) no es tan rentable según lo experimentado, ya que los gastos en fertilización química y su producción no es tan buena, por ello la utilidad es baja comparado con los anteriores tratamientos mencionados.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- De acuerdo a la investigación realizada, el efecto de la biofertilización con biol de producción local, microorganismos solubilizadores de fósforo y extracto de algas sobre el rendimiento del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum L*) en campo abierto, si actúan eficientemente, llegando a mantener un beneficio en la productividad y por ende mejor utilidad.
- El tratamiento que presento mejores resultados en la investigación fue el T2 (100%NPK+BSF), que consta de la interacción de NPK mas una de las alternativas que en este caso fue el Fosfotic (BSF,) obteniendo una producción de 2,29 kg/planta, observando que alcanzó una mayor productividad que los demás tratamientos propuestos.
- El biol de producción local, realizado con restos de estiércol de ganado vacuno y restos vegetales fue producido eficazmente con una duración de 2 meses de descomposición, llegando a obtener un producto de buena calidad según el análisis presentado en el anexo 3, el cual fue capaz de desarrollar plantas sanas, altas y con buen follaje.
- El efecto económico varía según el precio de venta del quintal en fresco, se puede decir que las alternativas propuestas llevan a una utilidad mejor que la de la fertilización fosfórica que utiliza normalmente el agricultor o como comúnmente se denomina el uno por uno (un quintal de abono por cada quintal de siembra de papa), observando que el T2 (100%NPK+BSF) tiene mejor costo/beneficio en todas las variaciones del precio, por otro lado el que peor C/B tiene es el T1 (100%NPK) que es la fertilización utilizada por el agricultor.

5.2. RECOMENDACIONES

- Realizar investigaciones proponiendo las alternativas de fertilización con: bioestimulantes (BIOL), microorganismos solubilizadores de fósforo y biofertilizantes (Extracto de algas), en diferentes cultivos y zonas de Carchi, para así dar a conocer, si se puede llevar a cabo una producción con alta utilidad, bajando costos que se proporcionan al momento de la compra de fertilizantes químicos.
- Dar a conocer a la sociedad agrícola que nuestros suelos están aptos para una agricultura sostenible mediante la utilización adecuada y técnica de dichas alternativas amigables principalmente para la salud humana y el suelo.
- Llegar a los agricultores con el conocimiento adecuado de la colocación de insumos orgánicos por separado de los químicos, esto debido a que si los utilizamos al mismo tiempo, el orgánico pierde sus propiedades nutricionales sin llegar a ningún resultado favorable.
- Utilizar dosis adecuadas al momento de utilizar bioestimulantes provenientes de descomposición orgánica, en este caso el BIOL de producción local, debido a que si lo sobre dosificamos llevaremos a una intoxicación de las plantas y su próxima marchites o amarillamiento.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alba, J. (2001). La papa una planta C-3. Perú: Revista de la Papa. 3, pp. 10
- Alcalá, M.; Hidalgo, C. y Gutiérrez, M. (2009). *Mineralogía y retención de fosfatos en Andisoles*. Universidad Michoacán de San Nicolás de Hidalgo. Edit. R de C. Terra Latinoamericano. 27: 275 – 286. Montecillo. 56230.
- Almeida, M. (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). UPEC. Carchi. Ecuador.
- Álvarez, F. (2010). Preparación y uso de biol. Lima. Primera edición. Imprenta y librería VEGA. Perú.
- Andrade, B. (1998). Variedades de papa cultivadas en Ecuador. INIAP. FORTIPAPA. Santa Catalina. Soboc Grafic. ISBN011595.
- Aparcana, S. (2008). *Estudio sobre el Valor Fertilizante de los productos del proceso “fermentación anaerobia” para producción de Biogás*. Alemania: Geerman ProfEC.
- Arana, S. (2011). Manual de elaboración de biol. Soluciones prácticas. Cusco. Primera edición. Perú.
- Arcos, J. y Zuñiga, D. (2015). Efecto de rizobacterias en el control de Rhizoctonia solani en el cultivo de papa. *Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología. Vol. 14*, Dpto. de Biología, Fac. de Ciencias, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima.
- Arismendi L. (2002). *Investigación sobre el cultivo de la papa (Solanum tuberosum L.) en el Oriente de Venezuela*. Departamento de Agronomía, Escuela de Ingeniería Agronómica,

Núcleo de Monagas, Universidad de Oriente Maturín, 6201, estado Monaga. Campus Universitario Los Guaritos.

Barrera, V.; Chamorro. F.; Heredia. G.; Escudero. L. y Suquillo J. (2004). *Reduciendo costos y riesgos en la salud: manejo integrado de plagas en papa. Una experiencia probada en la provincia del Carchi-Ecuador*. Quito, Ecuador: INIAP.

Beltrán, M. (2014). Bacterias solubilizadoras de fosforo con potencial biofertilizantes en suelos cultivados con papa (*solanum tuberosum*). Boyacá. *AGRON*. 22(2):7-2014. ISSN0568-3076.

Bernal. J. y Espinosa. J. (2003). *Manual de Nutrición y Fertilización de Pastos*. Instituto de la Potasa y el Fósforo. Quito, Ecuador: INPOFOS.

Bernal, L. (2010). *Aislamiento de microorganismos solubilizadores de P (psm) de las raíces de vanilla sp.* (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias Carrera de Microbiología. Bogotá, Colombia.

Canales, B. (2000). Enzimas-algas: posibilidades de su uso para estimular la producción agrícola y mejorar los suelos. *Terra*. Volumen 17. Número 3.

Carapaz. Ayala, N. y Román Pilacuán, N. (2012). *Respuesta de tres variedades de arveja (Pisum sativum L) a cuatro aplicaciones de biofertilizantes en Bolívar -provincia del Carchi* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte. Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales. Escuela de Ingeniería Agropecuaria.

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. Departamento de Ciencias de la Vida. Ingeniería en Biotecnología. Sangolquí. Quito.

- Cevallos, Milton R. (2013). *Comportamiento agronómico de la papa (solanum tuberosum l.) variedad superchola con la aplicación de tres tipos de abonos orgánicos en el Cantón Latacunga* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Ecuador.
- Chacón, A. (2011). *Evaluación de la efectividad de nemátodos entomopatógenos para el Control biológico del gusano blanco de la papa (Premnotrypes vorax Hustache), (Coleoptera: Curculionidae), San Gabriel, Provincia del Carchi. El Ángel, Ecuador* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Babahoyo.
- Chehab, C. (2015). El cultivo de la papa en Ecuador y planes de mejora. MAGAP. Quito. cchehap@magap.gob.ec. VI Congreso Ecuatoriano de la Papa.
- Chinguercela, F. (2000). *Aplicación foliar del fitoestimulante biol al cultivo de crisantemo*. Ambato. 103 p.
- CIP. (Centro Internacional de la Papa). (2011). Variedades de papa. Recuperado de <http://cipotato.org/region-quito/informacion/inventario-de-tecnologias/variedades>. El 12 de octubre del 2018.
- Egusquiza, R. y Catalán, W. (2011). *Taller de Manejo Integrado de Papa* (Guía Técnica). Huarquite, Cuzco, Perú: UNALM. AGROBANCO.
- Espinosa, J. (2008). *Distribución, uso y manejo de los suelos de la región Andina*. XI Congreso Ecuatoriano de la ciencia del suelo. International Plant Nutrition Institute (IPNI). Quito-Ecuador.
- Espinosa, J. (2006). *Suelos Volcánicos, Dinámica del Fósforo y Producción de Papa*. INPOFOS Norte de América Latina (PPI/PPIC)-Gaspar de Villarreal 154, Quito – Ecuador. Correo electrónico: jepinosa@inpofos.org

FARMAGRO. (2018). Fertilizantes foliares y bioestimulantes. Recuperado el 20 de septiembre del 2018. <http://farmagro.com/eventos/itemlist/category/15-nutricion>

Gisbert, J. M. y Ibañez, S. (2010). “*Génesis del suelo*”. Valencia: Editorial Universidad Politécnica de Valencia

Gomero, L. (2005). *Los biodigestores campesinos: una innovación para el aprovechamiento de los recursos orgánicos*. Lima, Perú: RAAA.

González, A.; López, B.; Melendres, A.; Ramírez, H.; Cárdenas, J. y Munguía, L. (2015). Extracto de algas marinas y su relación con la fotosíntesis y el rendimiento de una plantación de vid. *Revista Mexicana de ciencias agrícolas*. Saltillo. México. Pub. Esp. Número 12. 2437-2446.

Guerrero, M. (2016). Rendimiento de la papa en el Ecuador primer ciclo 2016 (diciembre-junio). MAGAP. Quito. Ecuador.

Guerrero, R. (1998). *Fertilización de Cultivos en Clima Frío*. Santa Fe de Bogotá: Monómeros Colombo Venezolanos. 425 p.

Henríquez, C.; Cabalceta, G.; Bertsch, F. y Alvarado, A. (2011). *Principales suelos de Costa Rica*. Asociación de la ciencia del suelo. Costa Rica.

Hernández, I. (2014). Evaluación de extracto alcalino del alga *Macrocystis pyrifera*, sobre el crecimiento de vegetales terrestres. Universidad Autónoma de Baja California Sur. WARCS. La Paz. Baja California Sur.

Herrera, G. (2013). *Características del Suelo Volcánico. Cenizas Volcánicas Como Suelo*.

Huanca Torres N. (2009). *El cultivo de papa. Proyecto “Asesoría para el fortalecimiento organizativo técnico y comercial del programa papa”*. Huamanga, Ayacucho: Acocro.

- Ibañez, J.J. (2013). *Los andisoles, Suelos Volcánicos. Un Universo Invisible bajo nuestros pies*. Valencia.
- INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, EC.). (1998). *Información técnica de la variedad de papa superchola*. Quito., EC. Informe técnico. N°1 p. 7-10.
- Inostroza, J. 2010. *Fertilización del cultivo de la papa*. Carillanca: INIA.
- Jaramillo R. (2012). *Manejo de la fertilidad en suelos volcánicos (Andisoles)*. Machachi-Ecuador. Oficina Norte de América del Sur: IPNI.
- Jiménez, V. (2011). *Aplicación de Biol y Fertilización química en la rehabilitación de praderas, “Aloag-Pichincha”*. (Tesis de pregrado). Escuela Politécnica del Ejército. Sangolquí.
- Karandashov, V. y Bucher, M. (2005). Symbiotic phosphate transport in arbuscular mycorrhizas. *TRENDS in Plant Science* 10(1): 22-29.
- León, M.; Mafla, S.; Mejía, A.; Andrade, J.; Mera, M.; Hurtado, A. y Roca, L. (2015). *Caracterización de Suelos con Distinto Manejo en la Zona de Carchi (Ecuador)*. Pontificia Universidad Católica de Ecuador sede Ibarra. dmleon1@pucesi.edu.ec; luroca@pucesi.edu.ec.
- Lucano, A.; Domínguez, M. y Luz, F. (2014). *Manejo Agroecológico de Cultivo de papa (Solanum Tuberosum)*. Recuperado el 09 de septiembre del 2018 de <https://es.slideshare.net/luzfernanda/manejo-agroecologico-de-la-papa>.
- Luna, R.; Espinosa, K.; Trávez, R.; Ulloa, C.; Espinosa, A. y Bejarano, A. (2015). *Respuesta de variedades de papa (solanum tuberosum L.) a la aplicación de abonos orgánicos y*

fertilización química. Universidad de Cotopaxi. Quevedo – Ecuador. Ciencias Agrarias. Ciencia y tecnología. 9(11): 11-16. ISSN 1390-4051.

Mamani, E.; Morales, V. y Ortuño, N. (2016). Aplicación de biofertilizantes foliares en el cultivar Huaycha (*Solanum tuberosum* subsp. andigena) en los valles interandinos de Bolivia. *Revista Latinoamericana de la Papa* 20(2), 14 – 25. Páginas.

MAGAP (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca). (2018). SINAGAP. Precios de los productos agrícolas. SINAGAP. Quito- Ecuador.

Manriquez, F. J. (2010). *Suelos Volcanicos. Medio ambiente y agricultura, significado de suelos volcánicos*, 113-115.

Mendoza, M.; Proaño J. (2008). *Evaluación del efecto de tres niveles de n-p-k y dos de biofertilizante a través del fertirriego en el cultivo de tomate (Lycopersicum esculentum)*.

Montesdeoca, F.; Panchi, N.; Navarrete, I.; Pallo, E.; Yumisaca, F.; Taipe, A.; Espinosa, S. y Andrade, J. (2013). Guía fotográfica de las principales plagas y enfermedades del cultivo de la papa en el Ecuador. CIP (Centro Internacional de la Papa). INIAP. Imprenta Mariscal. Quito. Ecuador.

Mora, R.; Aguilar, E.; Ruiz, Y.; Balarezo, L. y Benavides, H. (2018). Alternativa de biofertilización sobre indicadores morfológicos y productivos de *Solanum Tuberosum L.* en Andisoles del Carchi-Ecuador. *Revista Centro Agrícola (CA)*, Cuba. Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas. Vol. 45. N.º 3 de julio-septiembre, 44-50. ISSN 0253-5785. ISSN online 2072-2001

Mosquera, B. (2010). *Abonos orgánicos. Protegen el suelo y garantizan alimentación sana. Manual para elaborar y aplicar abonos y plaguicidas orgánicos*. Ecuador: FONAG. USAID.

- Muñoz, A. (2010). Manejo cultivo de papa. Agrytec. Recuperado el sábado de septiembre de 2013, de www.agrytec.com.
- Narváez, F. (2016). *Evaluación de microorganismos solubilizadores de fósforo*. (Tesis de Pregrado). Universidad Politécnica Estatal del Carchi. Tulcán.
- Narváez, E. F. y Soria T. D. (2010). Producción de papa. Estudio de Pre-factibilidad. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos89/produccion-de-papa/produccion-de-papa.shtml>. Consultado: 19/09/2017, 9:15 am
- Negrete, A. (2011). *Evaluación del efecto de dos tipos de fertilización en los rendimientos del cultivo de papa (Solanum tuberosum) en Pichincha, Ecuador* (Tesis de pregrado). Quito. Universidad San Francisco de Quito.
- Oviedo, E.; y Iglesias, C. (2005). Utilización de bacterias solubilizadoras de fósforo en cultivo de raygrás. Universidad Nacional del Nordeste. Cátedra de Microbiología Agrícola - Facultad de Ciencias Agrarias - UNNE. Sargento Cabral 2131 - CP: 3400. Corrientes. Argentina. Tel./fax:+54(03783) 427589.
- Parra Caguano, C. G. (2013). *Evaluación de tres niveles de fertilización química y dos niveles de fertilización orgánica en la variedad I- Frippapa – 99 y los clones 99 – 66 – 6 y 98 – 11 – 6 de papa (Solanum tuberosum) en el Centro de Experimentación y Producción Salache- Cotopaxi*. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/2580/1/T-UTC-00116.pdf>
- Pastáz, J. (2015). *Validación del sistema de herramienta circular de toma de decisiones para el control del Tizón tardío de la papa (Phytophthora infestans) en el sector de Canchaguano, Provincia del Carchi*. (Tesis de pregrado). El Ángel, Carchi. Universidad Técnica de Babahoyo.

- Patiño, C. y Sanclemente, D. (2014). Los microorganismos solubilizadores de fosforo (MSF) una alternativa biotecnológica para una agricultura sostenible. Cali. Colombia. Volumen 10. Número 2.
- Perugachi, L. y Andrade, H. J. (14-15 de Abril de 2005). *Respuesta de dos genotipos de papa (Solanum tuberosum) para la industria de hojuelas a la fertilización orgánica y química bajo riego por goteo en Cayambe, Pichincha*. Obtenido de <http://192.156.137.121:8080/cipotato/region-quito/congresos/icongresoecuatoriano-de-la-papa>
- Pumisacho, M. y Sherwood, S. (2002). *El Cultivo De La Papa En El Ecuador*. Quito: INIAP-CIP. Santa Catalina. Quito. Ecuador.
- Pumisacho, M. y Velásquez, J. (2009). *Manual del cultivo de papa para pequeños productores*. Quito- Ecuador: Editorial Tecnolibros.
- Ríos, J.; Jaramillo, S.; González, C. y Cotes, J. (2010). Determinación del Efecto de Diferentes Niveles de Fertilización en Papa (*Solanum tuberosum ssp. Andigena*) DIACOL Capiro en un Suelo con Propiedades Ándicas de Santa Rosa de Osos, Colombia. *DIACOL*.
- Rodríguez, D.; Alcalá, D. y Escalona, F. (2008). Selección inicial de clones de papa por resistencia a la candelilla tardía y rendimiento. *BIOAGRO*, vol. 20, no. 1, p. 29
- Román, M. y Hurtado, G. (2002). *Cultivo de la papa (guía técnica)*. Libertad. El salvador: CENTA
- Rosset, M. (2000). A Successful Case Study of Sustainable Agriculture. Cuba *Chapter 12*, pp. 203-213.

- Salazar, W. (2016). Efectos de la aplicación foliar de fertilizantes y extractos de algas en pepino (*Cumumis sativus L.*) y chile dulce (*Cupsicum annuum L.*) cultivados bajo ambiente protegido en Alajuela. Costa Rica.
- Saldaña, P. (2016). *Fertilización Fosforada para el cultivo de papa*. Chile: INIA.
- Saldaña, P. (2015). *Fertilización del cultivo de la papa*. Chile: INIA INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS. Ficha técnica 6.
- SIFUENTES et al., (2012). *Predicción de la fenología de la papa*. Disponible en URL:http://www.fps.org.mx/divulgacion/index.php?option=com_attachments&task=download&id=57. Recuperado el 19 de Octubre del 2018.
- Suquilanda, Manuel B. (2011). *Producción Orgánica de Cultivos Andinos (Manual Técnico)*. Quito, Ecuador: FAO, UNOCANC, MAGAP.
- Suquilanda, M. (2011). La producción orgánica de la papa. Tierra adentro. Ecuador.
- Tapie, A.; Barona, E.; Colcha, J.; Andrade, P. y Forbes, G. (2008). Evaluación del impacto ambiental de tecnologías para la producción de papa en Ecuador. *Centro Internacional de la Papa (CIP)*, apartado postal 17-21-1977, Quito, Ecuador. a.taip@cgiar.org. Centro Internacional de la Papa (CIP), apartado postal 1558, Lima 12, Perú. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador. Facultad de Recursos Naturales. Escuela Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador.
- Toalombo, C. (2013). *Aplicación de abonos orgánicos líquidos tipo biol al cultivo de mora (rubusglaucusbenth)*. (Tesis de pregrado). Ambato. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Agronómica.

- Vásquez, P. (2008). *Producción y evaluación de cuatro tipos de bioabonos como alternativa biotecnológica de uso de residuos orgánicos para la fertilización de pastos*. (Tesis de pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Chimborazo-Ecuador.
- Valero, L. (2013). *Enfermedades fungosas de la papa*. Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA). Biblioteca Agropecuaria de Colombia, (BAC). p. 92-104.
- Valverde, F.; Torres, J.; Rivadeneira, R.; Parra; Cartagena, S. y Alvarado. (2010). *Efecto de la aplicación de abonos orgánicos en la productividad de papa (Solanum tuberosum.) cultivar INIAP-fripapa, en Cotopaxi y Tungurahua*. Santo Domingo, Ecuador. Memorias del XII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo.
- Vallejos J.; Felipe M.; García L. y López J. (2008). *Agricultores elaboran y aplican bioinsumos en el cultivo de papa en Morochata del departamento de Cochabamba-Bolivia*. Cochabamba, Bolivia: Fundación PROINPA, Casilla 4285, Correo –e: j.vallejos@proinpa.org. Asociación de Productores Andinos APRA, Cochabamba.
- Villa, P. y Sarmiento, L. (2009). *Recomendación de alternativa para la fertilización del cultivo de papa en los Andes Venezolanos*. INIA. ICAE. Universidad de los Andes. INIAHOY. ISSN 1856 – 9951.
- Yáñez, R. (2017). *Nuevos Fertilizantes A base de Extracto de Algas Marinas*. (Tesis pregrado). Universidad Agraria de Agronomía. Facultad de Agronomía. Lima-Perú.
- Yépez Pantoja, M. 2013. *Análisis socioeconómico comparativo de la producción de papa entre agricultores asociados e independientes en el cantón Montúfar, provincia del Carchi, durante el periodo 2010 al 2012* (Tesis de pregrado). Ibarra. Universidad Técnica del Norte. Facultad de Ciencias Administrativas y Económicas. Carrera de Ingeniería en Economía, Mención Finanzas.

VII. ANEXOS

Anexo 1. Costos de producción del ensayo.

SISTEMA:	SEMITECNIFICADO		COMUNIDAD:	CANCHAGUAN O
ÁREA:	420 m ²			
FECHA:	08/03/2018		RESPONSABLE :	STEVEN FLORES
CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDID A	PRECIO UNITARIO	TOTAL DOLARES
1.- COSTOS DIRECTOS				
MANO DE OBRA:				
Siembra/fertilización	1	Jornal	13	13
Retape/control de plaga y enfermedades	1	Jornal	13	13
Deshierbas/aporque	1	Jornal	13	13
Fumigación	2	Jornal	15	30
SUBTOTAL				69
INSUMOS AGRÍCOLAS				
Semilla Certificada	3	qq	42	126
SUBTOTAL				126
FERTILIZANTES				
18-46-00	30,28	kg	0,62	18,77
0-0-60	15,12	kg	0,49	7,4088
46-0-0	2	kg	0,4	0,84
Gallinaza	1,26	qq	5	6,3
Fosfotíc	0,084	Lt	20	1,68
Extracto de algas	0,252	Lt	7,5	1,89
Biol	0,0504	Lt	3	0,1512
SUBTOTAL				37,04
CONTROL DE PLAGA Y ENFERMEDADES				
ORGÁNICOS				
Trichodermas	0,084	Lt	15	1,26
Bauberia	0,168	100 gr	16,3	2,7384
INSECTICIDAS				
Engeo	0,084	Lt	84	7
Agrin 25	0,042	Lt	8,5	0,36
Kañon	0,042	500 ml	23	0,966
Hortisec	0,084	gr	1,5	0,126
Deltaclor	0,042	Lt	13,25	0,56
FUNGICIDAS				

Cosan	0,042	500 gr	3,6	0,1512
Curalancha	0,084	1000 gr	8,6	0,72
Euro	0,084	1000 gr	7,5	0,63
Methadel	0,084	1000 gr	4,5	0,378
Benomyl	0,084	1000 gr	6,25	0,53
FIJADOR				
Fijafij	0,126	100 ml	1,1	0,1386
BreakThukc	0,126	50 ml	1,1	0,1386
SUBTOTAL				15,74
MAQUINARIA/EQUIPOS/MATERIALES				
Análisis de suelo	1	Unidad	20	20
Arada/rastra/surcado	0,042	hectárea	100	4,2
SUBTOTAL				24,2
COSECHA				
Cabuya	1	Unidad	2	2
Empaques	50,4	qq	0,2	10,08
Cosecha x qq	50,4	qq	1,2	60,48
Transporte	25,2	qq	0,5	12,6
SUBTOTAL				85,16
I.- SUBTOTAL COSTOS DIRECTOS				353,1489
II.- SUBTOTAL COSTOS INDIRECTOS				
Administración/asistencia téc. (10%)				35,31489
				35,31489
TOTAL, COSTOS DE PRODUCCION (\$/420m2.)				388,46379
Rendimiento (qq)				50,4
Precio unitario (\$/qq)				5
Ingreso Bruto (Total (\$))				252
Utilidad Neta Total (\$)				-136,46379
Relación:Beneficio/Costo(B/C)				-0,35
Rentabilidad (%)				-35,13

Elaborado por: Flores, S. (2018)

Anexo 2. Análisis de suelo sector Canchaguano

	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: Steven Marcelo Flores Ayala Dirección: Canchaguano Ciudad: San Gabriel Teléfono: 0990347018 e-mail: stevendakarfl@hotmail.es	DATOS DE LA PROPIEDAD Nombre: Comunidad Canchaguano Provincia: Carchi Cantón: Montúfar Parroquia: San José	
DATOS DEL LOTE Cultivo Actual: Papa Cultivo Anterior: Arveja Superficie: 480 m ²	PARA USO DEL LABORATORIO Nº Muestra Lab.: SFA 18401-18440 Fecha de muestreo: 14/12/2017 Fecha de ingreso: 15/12/2017 Fecha de salida: 19/01/2018	
Nutriente	Valor	Unidad
N	0,13	%
P	18	ppm
K	147,03	ppm
Ca	238,57	ppm
Mg	28,06	ppm
Fe	358,61	ppm
Cu	3,41	ppm
Zn	5,02	ppm
pH	5,32	ácido
CE	182,89	µS/cm ²
Humedad	16,88	%
MO	2,68	ppm
 _____		
RESPONSABLE DE LABORATORIO		
		

Elaborado por: Revelo, V. (2018)

Anexo 3. Análisis del Bioestimulante (biol).



ESTACIÓN EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"
 DEPARTAMENTO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS
 LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS Y AGUAS
 Panamericana sur Km. 1. Apartado 17-01-340
 Teléfono: 3007284. Email: laboratorio.dmsa@iniap.gob.ec
 Mejía -Ecuador



REPORTE DE ANÁLISIS DE ABONOS ORGÁNICOS

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD		PARA USO DEL LABORATORIO	
Nombre :	UPEC - Ing. Ramiro Mora	Nombre :	San Francisco	No. Muestra Lab. :	1197-1206
Dirección :	Huaca	Provincia :	Carchi	Fecha de Muestreo :	23/10/2018
Ciudad :		Cantón :	Huaca	Fecha de Ingreso :	26/10/2018
Teléfono :		Parroquia :	La Calera	Fecha de Salida :	31/10/2018
Fax :		Ubicación :			

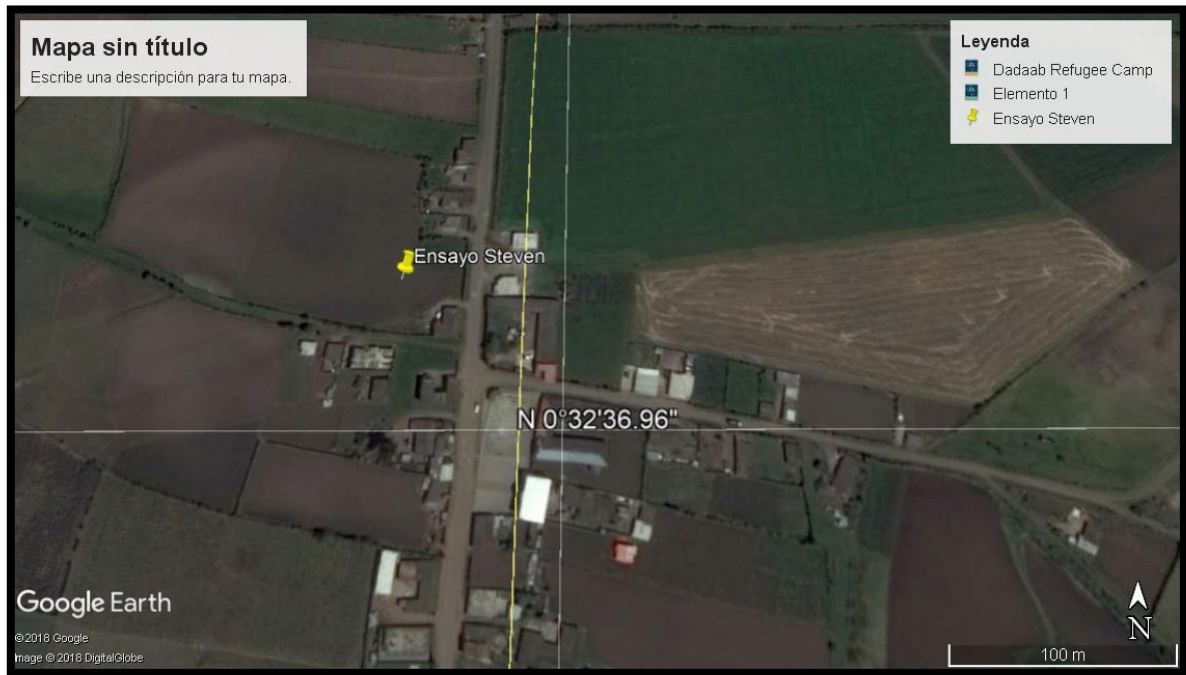
No. Muestra Lab.	Identificación de la muestra	g/100 ml						mg/l					pH	C/N	
		N Total	P	K	Ca	Mg	S	M.O.	B	Zn	Cu	Fe			Mn
1197	Emas 1 - M1	0.03	0.01	0.09	0.08	0.03		0.71						3.87	13.73
1198	Amas 2 - M2	0.08	0.01	0.42	0.15	0.05		3.09						3.84	22.40
1199	Emas 3 - M3	0.13	0.01	0.01	0.06	0.02		0.34						3.45	1.50
1200	Biol - M4	0.09	0.01	0.04	0.09	0.04		0.64						7.31	4.12
1201	Humus líquido - M5	0.03	0.01	0.31	0.08	0.03		0.19						7.80	3.67
1202	Humus - M6	1.37	0.71	1.88	1.42	0.40		43.65						8.72	18.48
1203	Vermicompost - M7	0.62	0.24	0.72	0.63	0.25		16.44						8.35	15.38
1204	Micorrizas - M8	0.64	0.19	0.21	0.70	0.22		18.02						7.12	16.33
1205	Compost - M9	0.58	0.24	0.41	0.63	0.24		17.29						7.95	17.29
1206	Suelo micorrizado - M9	0.46	0.20	0.20	0.70	0.25		13.06						6.93	16.47

Unidades	Método
g/100 ml : gramos/100 mili litros = % : porcentaje	pH : Potenciométrico
mg/l : miligramos/litro = ppm : partes por millón.	C.E: Conductimétrico
dS/m : deciSiemens/metro = mmhos/cm : milimhos/centímetro.	M.O.: Calcificación.

RESPONSABLE DEL LABORATORIO

LABORATORISTA

Anexo 4. Área de implantación del ensayo.



Fuente: Google Maps

Anexo 5. Preparación y cosecha del Biol



Fuente: Flores, S. (2018)

Anexo 6. Toma de muestras de suelo



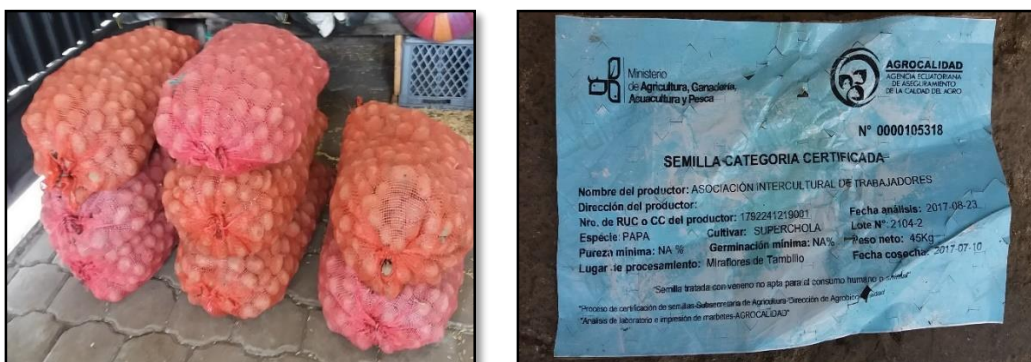
Fuente: Flores, S. (2018)

Anexo 7. Surcada y medición del área de los tratamientos.



Fuente: Flores, S. (2018)

Anexo 8. Semilla certificada



Fuente: Flores, S. (2018)

Anexo 9. Siembra



Fuente: Flores, S. (2018)

Anexo 10. Pesada de abono



Fuente: Flores, S. (2018)

Anexo 11. Observación del porcentaje de germinación



Fuente: Flores, S. (2018)

Anexo 12. Retape, colocación del abono NPK, control fitosanitario y limpieza de maleza



Fuente: Flores, S. (2018)

Anexo 13. Observación del cultivo



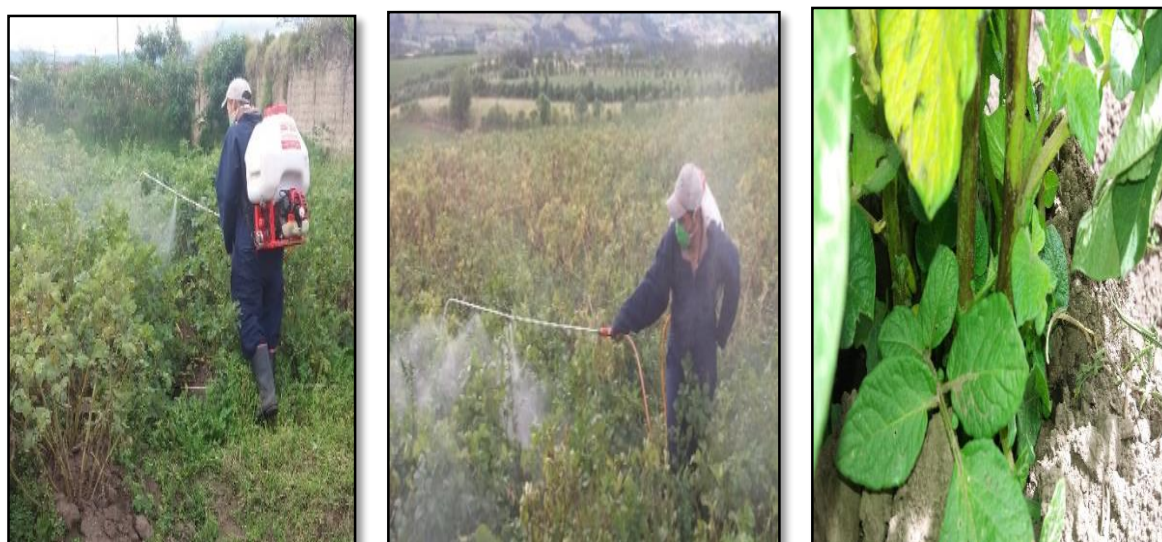
Fuente: Flores, S. (2018)

Anexo 14. Colocación de Tratamientos Biol, Fosfotic, Extracto de algas.



Fuente: Flores, S. (2018)

Anexo 15. Controles fitosanitarios



Fuente: Flores, S. (2018)

Anexo 16. Toma de datos Altura de tallos, Diámetro de tallo y Número de tallos.



Fuente: Flores, S. (2018)

Anexo 17. Aporques



Fuente: Flores, S. (2018)

Anexo 18. Cosecha, clasificación y pesaje de los tubérculos.



Fuente: Flores, S. (2018)