

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

ESCUELA DE DESARROLLO INTEGRAL AGROPECUARIO

Tema: “Evaluación de microorganismos solubilizadores de fósforo, micorrizas y compost, en la productividad del cultivo de papa (*Solanum tuberosum L.*), bajo condiciones semicontroladas, Carchi – Ecuador”.

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

AUTOR: Narváez Moreno Favio Alirio

ASESOR: Ing. Segundo Ramiro Mora Quilismal MSc.

TULCÁN - ECUADOR

AÑO: 2016

CERTIFICADO.

Certifico que el estudiante Favio Alirio Narváez Moreno con el número de cédula 040191242-3 ha elaborado bajo mi dirección la sustentación de grado titulada: “Evaluación de microorganismos solubilizadores de fósforo, micorrizas y compost, en la productividad del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*. L.), bajo condiciones semicontroladas, Carchi – Ecuador”.

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuesta en el reglamento de Grado del Título a Obtener, por lo tanto, autorizo la presentación de la sustentación para la calificación respectiva.



Ing. Segundo Ramiro Mora Quilismal

Tulcán, agosto 04 del 2016

DEDICATORIA.

Esta investigación es el reflejo de mi esfuerzo y sacrificios, el cual dedico con toda sinceridad a mis queridos padres, hermanos, familiares y amigos quienes me apoyaron desinteresadamente a lo largo de mi formación profesional.

A mis padres quienes con su amor, apoyo y comprensión incondicional estuvieron constantemente apoyándome para salir adelante; a ellos que siempre tuvieron una palabra de aliento en los momentos difíciles y que han sido ejemplo a seguir.

A mis hermanos: Enrique, Viviana, Vinicio y Dayana, que en todo momento me han brindado el apoyo incondicional y el respaldo oportuno para seguir adelante a ser cada día mejor.

AUTORÍA DE TRABAJO.

La presente tesis constituye requisito previo para la obtención del título de Ingeniero en Desarrollo Integral Agropecuario de la Facultad de Industrias Agropecuarias Y Ciencias Ambientales

Yo, Favio Alirio Narvárez Moreno con cédula de identidad número 0401912423 declaro: que la investigación es absolutamente original, autentica, personal y los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.



Favio Alirio Narvárez Moreno
Tulcán, agosto 05 del 2016

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DE TESIS DE GRADO.

Yo Favio Alirio Narvárez Moreno, declaro ser autor del presente trabajo y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la resolución del Consejo de Investigación de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi de fecha 21 de junio del 2012 que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi, la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través o con el apoyo financiero, académico o institucional de la Universidad”.

Tulcán, 05 de agosto del 2016



Favio Alirio Narvárez Moreno

CI. 0401912423

AGRADECIMIENTO.

Agradezco a Dios, quien me ha llenado de bendiciones, amor y sabiduría para avanzar en mis estudios.

Quiero expresar mi sincero agradecimiento, reconocimiento y cariño a mis padres por todo el esfuerzo que me han brindado para obtener una profesión, por los sacrificios y la confianza depositada todos estos años; gracias a ustedes he llegado a donde estoy.

A mis hermanos y hermanas una inmensa gratitud por ser amigos fieles y sinceros, en quienes he podido confiar y apoyarme para seguir adelante.

Gracias a todas aquellas personas que de una u otra forma me ayudaron a formarme tanto personal como profesionalmente. Agradezco también de manera especial a mi asesor Ing. Ramiro Mora quién con sus conocimientos y apoyo supo guiar el desarrollo de la investigación.

A mis profesores un inmenso agradecimiento por su amistad desinteresada a quienes les debo gran parte de mis conocimientos y han sido un apoyo en el transcurso de mi formación profesional.

INDICE GENERAL.

CERTIFICADO.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AUTORÍA DE TRABAJO.....	iv
ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DE TESIS DE GRADO.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
INDICE GENERAL.....	vii
ÍNDICE DE CUADROS.....	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN EJECUTIVO.....	xiv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	xviii
I. EL PROBLEMA.....	- 1 -
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	- 1 -
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	- 2 -
1.3 DELIMITACIÓN.....	- 2 -
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	- 2 -
1.5 OBJETIVOS.....	- 4 -
1.5.1 OBJETIVO GENERAL	- 4 -
1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	- 4 -
II. MARCO TEÓRICO.....	- 5 -
2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	- 5 -
2.2 FUNDAMENTACIÓN LEGAL.....	- 8 -
2.3 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA.....	- 9 -
2.4 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA.....	- 10 -
2.4.1 CULTIVO DE PAPA	- 10 -
2.4.1.1. Origen e importancia.....	- 10 -
2.4.1.2. Clasificación Taxonómica de cultivo de papa (Solanum tuberosum L.) ..	- 10 -
2.4.1.3. La planta de papa y sus partes.....	- 11 -
2.4.1.4. Variedades.....	- 13 -
2.4.1.5. Cuidado del cultivo.....	- 14 -

2.4.1.6.	Etapas fenológicas del cultivo de papa	- 15 -
2.4.1.7.	Principales plagas y enfermedades que atacan al cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.)	- 16 -
2.4.1.8.	Fertilización del cultivo de papa.	- 16 -
2.4.2	NUTRICIÓN A BASE DE FÓSFORO.	- 18 -
2.4.2.1.	Origen y función.	- 18 -
2.4.2.2.	Formas de fósforo en el suelo.	- 19 -
2.4.2.3.	Disponibilidad del fósforo para las plantas	- 20 -
2.4.2.4.	Pérdidas y ganancias de Fósforo.....	- 21 -
2.4.2.5.	Fertilización Fosfórica	- 21 -
2.4.2.6.	Factores que afectan la disponibilidad de fósforo para las plantas.	- 23 -
2.4.3	LA PRODUCTIVIDAD	- 24 -
2.4.3.1.	Concepto.	- 24 -
2.4.3.2.	Importancia y función de la productividad	- 24 -
2.4.3.3.	Los fertilizantes en la productividad agrícola.....	- 26 -
2.4.3.4.	Como medir la productividad de un cultivo.....	- 27 -
2.4.3.5.	Mejoramiento de la productividad del cultivo de papa	- 27 -
2.4.4	MICROORGANISMOS	- 29 -
2.4.4.1.	Concepto.	- 29 -
2.4.4.2.	Diversidad microbiana con fines de uso en la agricultura	- 29 -
2.4.4.3.	Microorganismos solubilizadores de fósforo	- 30 -
2.4.4.4.	Mecanismos para la solubilización de fosfatos.....	- 30 -
2.4.4.5.	Bacterias solubilizadoras de fósforo	- 31 -
2.4.4.6.	Los inóculos de microorganismos solubilizadores de fósforo	- 32 -
2.4.5	LAS MICORRIZAS	- 33 -
2.4.5.1.	Concepto.	- 33 -
2.4.5.2.	Clases de micorrizas.....	- 33 -
2.4.5.3.	Beneficios de las micorrizas	- 34 -
2.4.5.4.	Beneficios potenciales de las micorrizas a los cultivos.	- 34 -
2.4.5.5.	Los inóculos micorrícicos	- 35 -
2.4.6	EL COMPOST	- 35 -
2.4.6.1.	Concepto.	- 35 -

2.4.6.2.	Biología del proceso de compostaje.....	- 35 -
2.4.6.3.	Proceso de compostaje	- 36 -
2.4.6.4.	Composición química del Compost.....	- 36 -
2.4.6.5.	Aplicación	- 37 -
2.4.6.6.	Ventajas del compost	- 37 -
2.4.6.7.	Principales usos del compost en la agricultura	- 37 -
2.4.6.8.	Beneficios de los sistemas de producción orgánica	- 39 -
2.5	HIPÓTESIS	- 39 -
2.5.1	HIPÓTESIS ALTERNATIVA (H1):	- 39 -
2.5.2	HIPÓTESIS NULA (H0):	- 39 -
2.6	VARIABLES	- 39 -
2.6.1	VARIABLE INDEPENDIENTE: Utilización de micorrizas, fosfotico y compost	- 39 -
2.6.2	VARIABLE DEPENDIENTE: La productividad del cultivo de papa	- 39 -
III.	METODOLOGÍA	- 40 -
3.1	MODALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	- 40 -
3.2	TIPOS DE INVESTIGACIÓN	- 40 -
3.3	POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN	- 40 -
3.3.1	POBLACIÓN	- 40 -
3.3.2	MUESTRA	- 41 -
3.4	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	- 42 -
3.5	PLAN RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	- 44 -
3.5.1	FUENTES BIBLIOGRÁFICAS.	- 44 -
3.5.2	INFORMACIÓN PROCEDIMENTAL	- 44 -
3.5.3	LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO	- 44 -
3.5.4	TRATAMIENTOS.	- 44 -
3.5.5	DISEÑO EXPERIMENTAL	- 45 -
3.5.5.1	Tipo de diseño.	- 45 -
3.5.5.2	Variables evaluadas.	- 47 -
3.5.6	MÉTODOS DE MANEJO DEL EXPERIMENTO.	- 49 -
3.5.6.1	Materiales y equipos	- 49 -
3.5.6.2	Procedimiento.	- 50 -

3.6	PROCESAMIENTO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	- 53 -
3.6.1.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	- 53 -
3.6.1.1	Porcentaje de emergencia de plantas	- 53 -
3.6.1.2	Alturas de planta (cm) a los 50 días después de la siembra	- 54 -
3.6.1.3	Alturas de planta (cm) a los 80 días después de la siembra	- 55 -
3.6.1.4	Número de tallos a los 50 días después de la siembra	- 56 -
3.6.1.5	Diámetro de tallo a los 45 días después de la siembra	- 57 -
3.6.1.6	Diámetro de tallo a los 80 días después de la siembra	- 59 -
3.6.1.7	Número de inflorescencias a los 80 días después de la siembra	- 60 -
3.6.1.8	Rendimiento de cosecha en gramos/planta a los 161 días después de la siembra	- 61 -
3.6.1.9	Rendimiento de cosecha en gramos/planta categoría primera	- 62 -
3.6.1.10	Número tubérculos categoría primera	- 65 -
3.6.1.11	Conteo microorganismos totales UFC. /g o ml diluc. 10^{-3} (Agar Nutriente)	- 66 -
3.6.2	RELACIÓN COSTO – BENEFICIO	- 68 -
3.7	VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS	- 70 -
IV.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	- 71 -
4.1.	CONCLUSIONES	- 71 -
4.2.	RECOMENDACIONES	- 72 -
	BIBLIOGRAFÍA	- 73 -
	ANEXOS	- 78 -

ÍNDICE DE CUADROS.

Cuadro 1.	Ubicación geográfica	- 2 -
Cuadro 1.	Clasificación taxonómica de la papa	- 10 -
Cuadro 2.	Variedades de papa sembradas en la zona norte	- 13 -
Cuadro 3.	Principales características de la variedad Superchola	- 14 -
Cuadro 4.	Contenido de nutrientes de los fertilizantes más comunes	- 17 -
Cuadro 5.	Cantidad de fertilizante 10-30-10 o 18-46-0 a aplicar al momento de la siembra, según la superficie	- 18 -

Cuadro 6. Principales productores de la papa - costo de producción (USD/Tonelada)	- 25 -
.....	
Cuadro 7. Oferta y demanda de la papa 2010 - 2012.....	- 26 -
Cuadro 8. Costos de producción del cultivo de papa.....	- 28 -
Cuadro 9. Composición química del compost.....	- 36 -
Cuadro 10. Descripción de las características del diseño experimental.	- 40 -
Cuadro 11. Operacionalización de variables.....	- 42 -
Cuadro 12. Composición de los tratamientos y descripción de cada uno.....	- 45 -
Cuadro 13 Características del ensayo	- 46 -
Cuadro 14. Representación del análisis de la varianza	- 46 -
Cuadro 15. Clasificación por calibre para cada categoría.	- 48 -
Cuadro 16. ADEVA para altura de planta (cm) a los 50 días después de la siembra	
.....	- 54 -
Cuadro 17. ADEVA para altura de planta (cm) a los 80 días después de la siembra.	
.....	- 55 -
Cuadro 18. ADEVA para número de tallos a los 50 días después de la siembra.	- 57 -
Cuadro 19. ADEVA para diámetro de tallo a los 45 días después de la siembra.	- 58 -
Cuadro 20. ADEVA para rendimiento de cosecha cultivo de papa en g/planta a los 161	
días después de la siembra.....	- 61 -
Cuadro 21. ADEVA para rendimiento de cosecha en gramos/planta categoría primera.	
.....	- 62 -
Cuadro 22. TUKEY 5% para el rendimiento de cosecha g/planta categoría primera.	
.....	- 64 -
Cuadro 23. ADEVA para número tubérculos/planta categoría primera.....	- 65 -
Cuadro 24. Tukey 5% para número tubérculos/planta categoría primera.....	- 66 -
Cuadro 25. ADEVA para conteo de microorganismos totales.....	- 66 -
Cuadro 26. Tukey 5% para conteo de microorganismos totales (Agar Nutriente)	- 68 -
Cuadro 27. Relación Costo–Beneficio de cada tratamiento.	- 68 -
Cuadro 28. Costos de producción de una hectárea de papa / alternativas de	
fertilización.	- 69 -

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Fases fenológicas del cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.).....	- 16 -
Figura 2. Distribución de las unidades experimentales	- 41 -
Figura 3. Esquema de la disposición de las plantas de papa en cada maceta.....	- 41 -
Figura 4. Emergencia de plantas (%) a los 30 días post siembra	- 53 -
Figura 5. Alturas de planta (cm) a los 50 días después de la siembra.....	- 55 -
Figura 6. Alturas de planta (cm) a los 80 días después de la siembra.....	- 56 -
Figura 7. Número de tallos a los 50 días después de la siembra	- 57 -
Figura 8. Diámetro de tallo a los 45 días después de la siembra	- 59 -
Figura 9. Número de flores a los 80 días después de la siembra.	- 61 -
Figura 10. Rendimiento de cosecha en gramos/planta a los 161 días después de la siembra.....	- 62 -
Figura 11. Rendimiento de cosecha g/planta categoría primera vs total	- 64 -

ÍNDICE DE ANEXOS.

Anexo 1 RECURSOS ECONÓMICOS EMPLEADOS EN LA INVESTIGACIÓN.....	- 78 -
Anexo 2 ANÁLISIS DE SUELO	- 79 -
Anexo 3 PESAJE Y SELECCIÓN DE SEMILLA.....	- 80 -
Anexo 4 PREPARACIÓN Y LLENADO DEL SUSTRATO	- 80 -
Anexo 5 SIEMBRA DE LOS TUBÉRCULOS SEMILLA.....	- 80 -
Anexo 6 VISTA GENERAL DEL ENSAYO INSTALADO DESPUÉS DE LA SIEMBRA	- 81 -
Anexo 7 EMERGENCIA DE LAS PRIMERAS PLANTAS T8, T7	- 81 -
Anexo 8. MEDICIÓN DEL AGUA PARA LOS INÓCULOS (FOSFOTIC, MICORRIZAS) Y PESAJE DEL FERTILIZANTE	- 81 -
Anexo 9. APLICACIÓN DE INÓCULOS (fosfotic, micorrizas) Y FERTILIZANTE QUÍMICO EN LOS RESPECTIVOS TRATAMIENTOS.	- 82 -
Anexo 10. PRODUCTOS EMPLEADOS: COMPLEJO DE MICROORGANISMOS SOLUBILIZADORES DE FÓSFORO (FOSFOTIC) Y MICORRIZAS.....	- 82 -
Anexo 11. TOMA DE LA TEMPERATURA DEL SUELO Y AMBIENTE SEMICONTROLADO.....	- 82 -

Anexo 12. TOMA DE DATOS DE CADA UNA DE LAS VARIABLES (altura de planta, diámetro tallos).....	- 83 -
Anexo 13. APORQUE	- 83 -
Anexo 14. ETAPAS FENOLÓGICAS DEL ENSAYO.....	- 84 -
Anexo 15. EVALUACIÓN DEL ESTADO DEL CULTIVO	- 84 -
Anexo 16. COSECHA, CLASIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN	- 85 -
Anexo 17 PESAJE DEL RENDIMIENTO DE TUBÉRCULOS	- 85 -
Anexo 18 PRODUCCIÓN DE TRATAMIENTOS T7, T3 Y T1	- 86 -
Anexo 19 MUESTRA DE SUELO Y CONTEO DE MICROORGANISMOS TOTALES	- 86 -

RESUMEN EJECUTIVO

Las explotaciones agrícolas se encaminan en mejorar la productividad, para ello es preciso optimizar al máximo los recursos disponibles, buscando rentabilidad y mejorando los rendimientos, por lo cual se realizó esta investigación con uso de microorganismos solubilizadores de fósforo (fosfotíc), micorrizas y compost sobre la productividad del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.), variedad Superchola, La investigación se realizó en condiciones semicontroladas (invernadero), en el Centro Experimental San Francisco de la UPEC.

Los inóculos de los microorganismos solubilizadores de fósforo y las micorriza, se aplicaron en drench (0,05 cc). La primera inoculación de los biofertilizantes fue realizada al momento de la siembra, posteriormente se aplicaron en el retape y medio aporque. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar, con 10 tratamientos y 4 repeticiones dando un total de 40 unidades experimentales. Las variables evaluadas fueron: porcentaje de emergencia, altura de planta, diámetro del tallo, número de tallos, número de flores, rendimiento agrícola, conteo de microorganismos totales y relación costo – beneficio.

Los resultados obtenidos indican que es factible utilizar una fertilización alternativa con microorganismos solubilizadores de fosforo, micorrizas y compost, en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) sin afectar la productividad, debido a que estos tiene la capacidad de aprovechar el fósforo no soluble del suelo y la conservación para este recurso más importante en la producción agrícola.

El tratamiento T7 (tierra + compost + fosfotíc + micorrizas) es el mejor por cuanto presenta el mejor rendimiento con 816,48 g/planta de producción y se destaca con los otros tratamientos.

El uso de microorganismos solubilizadores de fósforo (fosfotíc), micorrizas y compost disminuye el costo de producción sin afectar el

rendimiento agrícola, puesto que estos tienen un efecto sobre el fósforo bloqueado en los suelos Andisoles y por lo tanto se disminuye la cantidad de fertilizantes fosforados a utilizarse en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*. L)

Con la aplicación de fosfotico, micorrizas en dosis de (1 litro/ha) y una enmienda de compost (composta), se obtiene mayor utilidad económica en comparación con el testigo químico.

Palabras claves: Cultivo de papa, micorrizas, compost, productividad, BSF, biofertilizantes.

ABSTRACT

Farming exploration is generally focused on improving productivity. Hence, optimizing the available resources is essential in terms of rentability and general performance. Therefore, this research was carried out with the use of solubilizing microorganisms of phosphorus (fosfotic), mycorrhizae and compost over the productivity found in the farming of potatoes (*Solanum tuberosum* L.), of the "Superchola" variety. The research was carried out under semi-controlled conditions (green-house, at the "San Francisco" Experimental Center from UPEC University.

The inocula from the solubilizing microorganisms of phosphorus and the mycorrhizae were applied in drench (0.05 cc.). The first inoculation of the bio fertilizers was performed at the moment of the harvest, subsequently, they were also applied on the cover and medium dig-up. A randomized experimental complete block design was used, with 10 treatments and 4 repetitions, bringing a total of 40 experimental units. The evaluated variables were: emergency percentage, plant height, stalk diameter, number of stalks, number of flowers, farming performance, total microorganism count and cost-benefits ratio.

The obtained results indicate that it is possible to use an alternative fertilization with solubilizing microorganisms of phosphorus, mycorrhizae and compost on potato farming (*Solanum Tuberosum* L.) without affecting productivity, mainly because of the fact that these possess the ability of taking advantage of the non soluble phosphorus from the soil and its conservation, both facts being of truly relevance when we refer to farming productivity.

Treatment T7 (dirt + compost + fosfotic + mycorrhizae) is the best, because it presents the most relevant performance with 816,48 g/production plant and it stands out compared to other treatments. The use of solubilizing microorganisms from phosphorus (fosfotic)

mycorrhizae and compost reduces the production costs without affecting the farming performance, due to the fact that these have an effect on the blocked phosphorus on the "Andisoles" soils and therefore, the quantity of phosphorus fertilizers to be used in the potato (*Solanum tuberosum*. L) cultivation is diminished.

With the application of "fosfotic", 1 liter/ha mycorrhizae doses and a compost amendment a greater economical profit is obtained, when compared to the chemical witness.

Key words: Potato farming, mycorrhizae, compost, productivity, BSF, bio-fertilizers.

INTRODUCCIÓN.

El cultivo de la papa (*Solanum tuberosum.L*), tiene una gran importancia en la región andina de Ecuador, Colombia y Perú, su cultivo se extiende por todo el mundo es la principal fuente de alimento para los habitantes de las zonas altas del país.

La provincia del Carchi es considerada principalmente como agrícola siendo esta actividad de gran importancia para el desarrollo local y nacional. En el año 2012, se han destinado en la provincia 7,703 hectáreas para la agricultura, siendo la papa, uno de los cultivos de mayor representatividad en la provincia, entre los 13 cultivos de gran importancia. (ESPAC, 2012)

El cultivo de papa extrae grandes cantidades de nutrientes, los mismos que deben ser reemplazados por lo cual es necesario realizar aplicaciones de macronutrientes, nitrógeno (N₂), fósforo (P) y potasio (K), acompañado de micronutrientes como magnesio, sodio, manganeso, silicio, azufre entre otros. (Cortez & Hurtado, 2002)

El fósforo es un elemento fundamental para la nutrición de las plantas ya que interviene en la síntesis proteica y contribuye al desarrollo de la biomasa radicular. Es absorbido por éstas en forma de fosfatos mono y diácidos. Es un elemento poco móvil por lo cual es considerado como uno de los elementos más críticos por su tendencia a reaccionar dando formas fosforadas no disponibles para las plantas. (Sanzano, 2006)

Por lo anterior, el cultivo de papa necesita el fósforo para favorecer al crecimiento de la planta, mejora la calidad y el rendimiento, y contribuir a la resistencia de enfermedades. Torres et al. (2011)

Por estas razones se buscan alternativas de producción que permitan preservar el ambiente y al mismo tiempo generar beneficios económicos, con lo cual surge la necesidad del aprovechamiento de biofertilizantes, es decir utilizar microorganismos que sustituyan parcial o totalmente el uso de fertilizantes químicos, donde las bacterias solubilizadoras de fósforo, las micorrizas y el compost juegan un papel muy importante en la nutrición y desarrollo de las plantas.

Debido a la importancia de esta alternativa de fertilización, es necesario conocer su potencial con el propósito de generar una opción diferente de producción y ayudar a la regeneración de los suelos degradados y así contribuir al manejo sostenible de los recursos naturales.

I. EL PROBLEMA.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

De acuerdo con Devaux, et al (2010), los países con mayor productividad son Nueva Zelanda, Bélgica, Estados Unidos y Reino Unido, que registran rendimientos superiores a las 40 TM/ha. Los países de la región andina al contrario, presentan rendimientos inferiores al promedio mundial, que es de 17.60 TM/ha. Ecuador con 7.77 TM/ha.

En la provincia del Carchi la producción de papa en el 2015 fue de 79.528 Tm. con un rendimiento de 15,5 (Tm/Ha), ocupando un 28% de la producción nacional (ESPAC, 2015) citado por Bolaños (2015).

Los suelos que predominan son de origen volcánico (Andisoles), de color negro, profundos, ricos en materia orgánica (8-16%), con pH que oscila de ligeramente ácido a ácido, alta capacidad de retención de agua, buena permeabilidad, presentan arcillas alófanas e imogolita y complejos aluminio-humus, lo que conlleva a altos contenidos de aluminio activo y un alto poder de fijación de fósforo. En el caso de micronutrientes, existen deficiencias comunes para zinc, manganeso y boro (Proaño y Paladines, 1998; Jacobsen y Sherwood, 2002, Pumisacho y Sherwood, 2002).

Debido a la alta capacidad de fijación de fósforo de los andisoles, Ecuador emplea un alto nivel de insumos por concepto de fertilizantes fosforados (Jacobsen & Sherwood, 2002). Los fertilizantes constituyen alrededor del 60% de los costos de producción en el cultivo de la papa, (Yépez, 2013), lo que hace que la producción de este cultivo no sea sostenible y rentable.

El manejo intensivo de nutrientes en este cultivo y la disminución progresiva de la fertilidad de los suelos por las malas prácticas agrícolas, afectan gravemente los rendimientos del cultivo a largo plazo. Por esta razón, los niveles de fertilización química utilizados

para obtener rendimientos aceptables incrementan cada vez más. (Aveiga, 2011)

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La productividad del cultivo de papa (*Solanum tuberosum L.*), está afectada por la fijación de fósforo en suelos Andisoles, el uso excesivo de los fertilizantes fosforados que incrementan los costos de producción y limitan su rendimiento.

1.3 DELIMITACIÓN

La presente investigación se realizó en el cantón Tulcán, Parroquia Santa Martha de Cuba, provincia del Carchi, al norte del Ecuador. Hacienda San Fco. UPEC.

Cuadro 1. Ubicación geográfica

Provincia	Carchi
Cantón	Tulcán
Sitio	Centro Experimental San Francisco
Altitud	2945 m.s.n.m
Latitud	19 34 86 UTM
Longitud	100 68343 UTM
Temperatura promedio	12,8 °C *
Precipitación	792 mm *
Humedad relativa	84%

Elaborado por: Narváez, F. (2016)

1.4 JUSTIFICACIÓN.

El cultivo de papa (*Solanum tuberosum L.*), constituye uno de los cultivos más importantes en los sistemas de producción de la Sierra ecuatoriana, y ocupa un lugar significativo en la alimentación de

amplios sectores de la población como también su notable importancia socioeconómica. (Pusimacho & Velásquez, 2009)

En la provincia del Carchi la zona alto andina, suelos aptos para agricultura y ganadería, el cultivo de papa cuenta con 3.858 UPA, en una superficie de 5.997 ha., representando el 51% del total de las UPA de la zona y el 6% de la superficie total. Tomado del Programa ART Carchi (2013)

Es importante desarrollar alternativas de producción para disminuir el uso indiscriminado de los agroquímicos, que permitan optimizar la productividad. Es evidente que la forma convencional de cultivar papa no satisface estas necesidades y por lo tanto, hay que optar por un manejo integrado considerando diferentes componentes de producción teniendo en consideración factores económicos y ambientales. (Aveiga, 2011). En la provincia existe predominancia en la utilización de fertilizantes en la producción de papa, en especial de los que contienen fósforo. La cantidad aplicada de este compuesto en la zona es el doble de la observada en las otras provincias. (Monteros, 2016), lo que genera incrementos en los costos de producción.

Las posibilidades es el uso de microorganismos solubilizadores de fósforo, las micorrizas y una enmienda orgánica como el compost, promoviendo, en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum L.*), mayor producción, debido a que estos tienen importancia en la nutrición vegetal, ya que pueden incrementar la disponibilidad del fósforo en el suelo. De forma que permita al cultivo tener una mejor asimilación, translocación y aprovechamiento de nutriente en lo referente al aumento de tamaño y rendimientos de tubérculos.

Además que se establecerán alternativas sobre la optimización de los recursos en cuanto a la fertilización siendo amigables con el ambiente, disminuyendo los costos de producción, aplicando tecnologías de nutrición más sanas y limpias

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 OBJETIVO GENERAL.

Evaluar microorganismos solubilizadores de fósforo, micorrizas y compost, en la productividad del cultivo de papa (*Solanum tuberosum L.*), bajo condiciones semicontroladas.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la combinación más favorable de microorganismos solubilizadores de fósforo, micorrizas y compost en base a la producción del cultivo de papa (*Solanum tuberosum L.*).
- Realizar un análisis de conteo de microorganismos totales en el sustrato posterior a la cosecha.
- Evaluar rendimientos y analizar económicamente los tratamientos en estudio.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Almeida (2014) manifiesta en su trabajo realizado en la UPEC, parroquia González Suárez, cantón Tulcán, provincia del Carchi, Ecuador. “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”, se demostró que la aplicación de formulaciones biológicas (micorrizas y activadores biológicos) tiene un afecto positivo en rendimiento de tubérculos y absorción de nutrientes.

Al realizar un análisis estadístico bajo la prueba de Tukey al 5% para los rendimientos de cosecha en kilogramos por hectárea se concluye, que consta dos tipos de categoría; la “A” donde encuentra el T2 (activadores biológicos) con valores de 55,625 kg/ha, y la “B” en la cual se encuentran el tratamiento T3 (omega 3, 6, 9 +extracto de algas y silicio) con cifras de 46,562.50 kg/ha, tratamiento 1 (micorrizas) 44,375 kg/ha y el tratamiento con los más bajos rendimientos fue el tratamiento 4 (testigo) 43.750 kg/ha. El estudio sugiere enfocar trabajos de incremento de la micro flora del suelo, con menor inversión en lo que respecta a rubros económicos.

Cepeda M. (2008) sostiene en su investigación realizada en la ESPE, Sangolquí “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” se demostró que al comparar las dosis aplicadas por fertilizante en el sustrato Tierra, las más efectivas en la evaluación de longitud de raíz son las correspondientes a 1,5 mL/L y 0,5 mL/L, no así la dosis de 2,5 mL/L, relacionó que esto pudo deberse a la falta de porosidad de este sustrato, donde hay una diferencia notable entre la planta testigo y las

inoculadas con los biofertilizantes. También manifiesta que el medio de cultivo en el que se realizó la producción de los biofertilizantes es importante, en su investigación el más efectivo fue el realizado a base de jugo de caña con reactivos añadidos para asemejar su composición a la del medio comercial; debido a que, los resultados, con respecto a la altura de las plantas, del biofertilizante realizado en el medio comercial son similares a los de este medio. Las dosis más efectivas entre los biofertilizantes fueron de 1,5 y 2,5 mL/L, que constituye las más altas y provee una mayor concentración de microorganismos.

Para algunos tratamientos, el desarrollo de las raíces fue favorecido por la inoculación de las bacterias solubilizadoras de fósforo, se manifestó en un mayor crecimiento de la parte aérea de las plantas. Así mismo, en el sustrato Tierra el incremento del diámetro de los tallos que alcanzó un máximo de 0,83 %, refleja un efecto positivo de los biofertilizantes sobre la evaluación de esta variable. Los tallos correspondientes a todos los biofertilizantes superaron en diámetro a los correspondientes al testigo, lo que ratifica un efecto positivo de los biofertilizantes sobre las plantas de maíz.

Además al realizar un análisis previo y terminando con el análisis de cada tratamiento por maceta para conocer si el fósforo soluble había aumentado o disminuido encontró que las bacterias utilizadas convirtieron efectivamente el fosfato insoluble a una forma soluble. Por otro lado, la sobrevivencia de los biofertilizantes preparados con los medios: PKM y JCM sobrepasó los tres meses después del envasado, con una concentración final superior al orden de 10⁸ UFC/mL establecido para inoculantes biológicos, lo que le permitió afirmar que su tiempo de vida útil puede ser superior a este período siempre y cuando se los conserve adecuadamente.

Negrete (2011) en su trabajo “Evaluación del efecto de dos tipos de fertilización en los rendimientos del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en Pichincha – Ecuador” Para esto se establecieron dos lotes, uno fertilizado con fertilizantes químicos (muriato de potasio, 18-

46-00, y urea) y otro con biol y urea. A pesar de que el análisis estadístico de este experimento muestra que no hay diferencias significativas entre el peso cosechado en el tratamiento químico y el peso cosechado en el tratamiento mixto (biol y urea). Igualmente no existieron diferencias significativas en relación al número de tubérculos.

En los resultados obtenidos indica que es posible disminuir la fertilización química en la producción de papa sin afectar los rendimientos. Por otro lado, el análisis económico indicó que la fertilización química equivale al 34% de los costos totales de producción mientras que la fertilización mixta equivale al 17%. También se determinó que usar únicamente fertilizantes químicos es 20% más caro que usar una fertilización mixta. En este experimento se redujo la utilización de fertilizantes químicos en un 64% sin obtener diferencias significativas entre número o peso de tubérculos en la variedad Superchola. Recomienda que es importante analizar otros aspectos involucrados en el manejo sustentable de nutrientes destinados a conservar el suelo, y mantener o mejorar la productividad.

Bastidas (2003) evaluó diferentes alternativas de fertilización para el cultivo de la papa en el Carchi. Estas fueron humus de lombriz, micorrizas, roca fosfórica y un bioestimulante basado en bacterias del género *Clostridium* spp., así como combinaciones entre estas alternativas. Los resultados obtenidos no fueron concluyentes, aunque el trabajo resultó en rendimientos menores para todas las alternativas y combinaciones evaluadas en comparación con el método convencional de fertilización química. Además realizó una aproximación a los efectos de estas alternativas y la fertilización química sobre los costos de producción, resaltando el alto porcentaje que la fertilización química representa dentro de los costos totales y con respecto a los costos de las otras alternativas evaluadas.

2.2 FUNDAMENTACIÓN LEGAL

La Constitución Política del Ecuador del año 2008, indica en Art. 14. Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, Sumak Kawsay. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

El Art. 32 del reglamento de la normativa de la producción orgánica agropecuaria en el Ecuador plan de manejo de suelos en la producción de alimentos.- Es necesario llevar un registro de las rotaciones, siembra de abonos verdes y otros métodos de enmienda para enriquecer el suelo en la producción de forrajes y alimentos de primera necesidad.

El Art. 409 en el cap. 2 de la Biodiversidad y Recurso Naturales sección quinta del suelo, es de interés público y prioridad nacional la conservación del suelo, en especial su capa fértil. Se establecerá un marco normativo para su protección y uso sustentable que prevenga su degradación, en particular la provocada por la contaminación, la desertificación y la erosión.

En el reglamento para trabajos de investigación de tesis de grado, graduación, titulación e incorporación que textualmente dice:

Art. 1. Finalidad y ámbito. El presente reglamento tiene como finalidad normar los procesos para trabajos de Investigación de Tesis de Grado, Graduación, Titulación e Incorporación de los estudiantes de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi UPEC.

Art. 2. Obligatoriedad de la tesis. Para la obtención del Título Profesional de tercer nivel, los estudiantes deben realizar una Tesis de Grado orientada a ejercitarse en la investigación con pertinencia a la disciplina en que obtendrá el grado, en referencia al Art. 144 de la LOES.

2.3 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA

En el continente americano hay unas 200 especies de papas silvestres, pero fue en los Andes centrales donde los agricultores lograron seleccionar y mejorar variedades para su consumo. En realidad, lo que hoy se conoce como «papa» (*Solanum, tuberosum L.*) contiene apenas un fragmento de la diversidad genética de las cuatro especies reconocidas de papa y las 5000 variedades que se siguen cultivando en los Andes (FAO, 2008).

La papa (*Solanum tuberosum L.*) fue escrita por Pedro Cieza de León en 1538 y constituye uno de los cultivos más importantes de la región andina principalmente como fuente de alimentación y de ingresos económicos. En Ecuador se cultiva en la Sierra principalmente en las provincias de Carchi, Chimborazo, Bolívar y Cotopaxi. En el Carchi el cultivar Superchola es la que más se siembra, que por su adaptabilidad y aceptación en el mercado, ocupa aproximadamente el 70% de las áreas cultivadas. Los otros dos cultivares más cultivadas en la región son Única y Capiro. (Yépez, 2013)

Desde que el ser humano descubrió que podía capturar y utilizar algunos grupos de microorganismos, éste se ha visto beneficiado en diferentes áreas, aprovechando sus capacidades de degradación y segregación de sustancias. Así, tenemos varios campos principales donde el hombre se ha valido de la actividad de los microorganismos para obtener resultados favorables: en Alimentación, Medicina, Agricultura y Medio Ambiente. (Vargas C. A., 2007)

El desarrollo de la técnica de compostaje a gran escala tiene su origen en la India con las experiencias llevadas a cabo por el inglés Albert Howard desde 1905 a 1947. Su éxito consistió en combinar sus conocimientos científicos con los tradicionales de los campesinos. Su método, llamado método Indore, se basaba en fermentar una mezcla de desechos vegetales y excrementos animales, y humedecerla periódicamente, para luego poder utilizarla en la nutrición de los cultivos.

2.4 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA

2.4.1 CULTIVO DE PAPA

2.4.1.1. Origen e importancia

La mayor diversidad genética de papa (*Solanum tuberosum* L.) cultivada y silvestre se encuentra en las tierras altas de los Andes de América del Sur. La primera crónica conocida que menciona la papa fue escrita por Pedro Cieza de León en 1538. Cieza encontró tubérculos que los indígenas llamaban “papas”, primero en la parte alta del valle del Cuzco, Perú y posteriormente en Quito, Ecuador. El centro de domesticación del cultivo se encuentra cerca de la frontera actual entre Perú y Bolivia, en los alrededores del Lago Titicaca.

La papa a lo largo de la historia andina, en todas sus formas, ha sido profundamente un «alimento del pueblo», este cultivo sigue siendo la actividad más importante de la temporada agrícola cerca del lago Titicaca, donde la papa es denominada «Mamá Jatha», o madre del crecimiento. (FAO, 2008).

2.4.1.2. Clasificación Taxonómica de cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.)

Cuadro 2. Clasificación taxonómica de la papa

DIVISION	Angiosperma
CLASE	Dicotiledóneas
SUBCLASE	Metaclamideas
ORDEN	Tubifloras
FAMILIA	Solanaceae
GÉNERO	Solanum
ESPECIE	tuberosum
CLASIFICADOR	Linneo

Fuente: (Muñoz, 2010)

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. (Pusimacho & Sherwood, 2002, pág. 33).

2.4.1.3. La planta de papa y sus partes

Tallo principal: nace del brote del tubérculo de la semilla; tallo secundario: nace de la yema subterránea del tallo principal; rama: se origina de una yema aérea del tallo principal; estolón: tallos laterales normalmente subterráneos; el tubérculo es donde se almacena las sustancias.

Raíz: Son delgadas, fibrosas y muy ramificadas. En la primera etapa las raíces se desplazan en dirección vertical hasta 20 cm y luego horizontalmente. (Facultad de Ciencias Agropecuarias – Universidad Nacional de Córdoba, 2014)

Hoja: Cuando jóvenes por lo común son simples y su complejidad aumenta con el tiempo, siendo a la vez menos pubescentes.

La hoja: compuesta es imparipinada y alterna, con 34 pares de folíolos ovales, también se forman foliolillos intercalares y dos estípulas en la base del pecíolo.

Inflorescencia: es una cima terminal aunque parece lateral por la ramificación simpodial del tallo (cada eje secundario reemplaza al primario ocupando su lugar).

La flor: es hermafrodita, tetracíclica pentámera, con pedicelo sin brácteas. El cáliz es gamosépalo y lobulado, corola tubular blanca,

amarilla, azulada o púrpura. El androceo con cinco estambres formando un tubo, gineceo bicarpelar, súpero y con placentación axilar.

Semilla: Generalmente se llama semilla al tubérculo seleccionado o destinado para la reproducción y producción de la papa; pero la verdadera semilla es producida en una baya de forma redonda, ovoide o cónica alargada y con un diámetro entre 1 a 3 cm, de color verde, en cuyo interior se encuentra la semilla sexual de papa, la forma y color de ésta es similar a la del tomate, pero con la mitad de su tamaño; es dicotiledónea, con un peso de 0.5 mg. En un gramo existen 1600 semillas y un promedio de 200 semillas por baya y 20 bayas por planta. (Cortez & Hurtado, 2002)

Patrón de fructificación: En el cultivo de papa se diferencian dos patrones de fructificación: la producción de bayas, donde se encuentra la verdadera semilla sexual, y la producción de tubérculos (fructificación) (Cortez & Hurtado, 2002)

Categorías de la semilla

Cortez y hurtado manifiestan que a nivel comercial se conocen diferentes tipos de semilla y categorías de papa entre las que se encuentran:

Semilla genética: es la semilla o planta que ha sido producida bajo la supervisión de un programa técnico de mejoramiento y que constituye la base fundamental inicial de la semilla básica o nuclear.

Semilla básica o nuclear: es la que se produce bajo la supervisión de un programa técnico de mejoramiento de plantas, y mantiene su identidad y pureza genética específica. Puede darse a los productores para utilizarla en la producción de semilla registrada o certificada.

Semilla registrada: es la que procede de materiales de semilla básica o registrada y tratada con el fin de mantener la identidad original y la pureza genética.

Semilla certificada: es la semilla que se produce bajo la supervisión de un servicio de certificación. Puede originarse de una semilla básica, registrada o certificada, siempre mantiene su identidad varietal y cumple con los requisitos establecidos para esta categoría.

Semilla mejorada: es la que mantiene la identidad varietal y su buena capacidad de producción, aunque no cumple con los requisitos de la categoría de certificada (Cortez & Hurtado, 2002)

2.4.1.4. Variedades

Entre las variedades más cultivadas en el Ecuador están la variedad: Fri papa, Gabriela y Superchola. (INIAP, 2009) y entre las variedades más cultivadas en la Provincia del Carchi son: Superchola, Capiro, Única, Yema de huevo, Ratona, Uva, Rosada, Esperanza, Diamante, entre otras. (Gallegos, et. al., 2011).

Cuadro 3. Variedades de papa sembradas en la zona norte

ZONA DE CULTIVO	VARIEDAD
Norte: provincia del Carchi	Chola
	INIAP-Superchola
	INIAP-Gabriela
	INIAP-Esperanza
	INIAP-María
	INIAP-Fripapa
	ICA- Diacol-Capiro
	Ormuz
	Yema de Huevo (Chauchas)

Fuente: Devaux, et. al (2010)

Variedad Superchola

Entre las variedades de mayor aceptación en Ecuador está la variedad Superchola, cuyas principales características de la variedad Superchola se detallan en el cuadro 4.

Cuadro 4. Principales características de la variedad Superchola

Descripción	Característica
Origen genético	[(Curipamba negra x <i>Solanum demissum</i>) x clon resistente con comida amarilla x chola seleccionada] G.Bastidas - Carchi. 1984
Subespecie	<i>Andigena</i>
Zonas recomendadas y altitud	Norte, 2.800 a 3.600 m s n. m.
Follaje	Frondoso; desarrollo rápido; tallos robustos y fuertes; hojas medianas que cubren bien el terreno.
Tubérculo	Tubérculos medianos de forma elíptica a ovalada; piel rosada y lisa, con crema alrededor de los ojos, pulpa amarilla pálida sin pigmentación y ojos superficiales.
Reacción a Enfermedades	Susceptible a la lancha (<i>Phytophthora infestans</i>), medianamente resistente a la roya (<i>Puccinia pittieriana</i>) y tolerante al nematodo del quiste de la papa (<i>Globodera pallida</i>).
Rendimiento potencial	30 t/ha
Usos	Consumo en fresco: sopas y puré. Consumo para procesamiento: papas fritas en forma de hojuelas (chips) y a la francesa.

Fuente: (Pumisacho, M y Sherwood, S. 2002).

2.4.1.5. Cuidado del cultivo

Durante el crecimiento del follaje que toma alrededor de cuatro semanas antes de la etapa reproductiva, es necesario combatir la maleza para que el cultivo tenga una ventaja competitiva. Para posteriormente proceder a la formación de los camellones. Éstos se forman amontonando tierra, que se encuentre ente los surcos, en torno al tallo principal de la papa. Los camellones, o aporques, sirven para que la planta se mantenga vertical y la tierra esté suelta; impide que las plagas de insectos, como la polilla del tubérculo, llegue a los tubérculos, y contribuye a prevenir el crecimiento de maleza. (FAO, 2008)

2.4.1.6. Etapas fenológicas del cultivo de papa.

Conforme a Bouzo, C. (2009) para analizar la ecofisiología del cultivo (Figura 1), es conveniente dividir el crecimiento y desarrollo de la planta de papa en cinco estados diferentes:

- a) Desarrollo de brotes: Se inicia con el desarrollo de los brotes a partir de tubérculo-semilla, su crecimiento inicial aéreo y la emisión de las primeras raíces en la base de los brotes.
- b) Crecimiento vegetativo: Comienza un activo crecimiento con la emisión y expansión foliar desde los brotes emergidos, desarrollo de tallos, ramas y hojas en la parte aérea y crecimiento de raíces y estolones en la parte subterránea.
- a) Inicio de la tuberización: Comienza con el inicio del engrosamiento de las puntas de los rizomas, los tubérculos se forman en la punta de los estolones, en muchos cultivares el final del período coincide con el inicio de la floración, momento en que unas pocas flores comienza a ser visibles.
- c) Llenado de tubérculos: Las células de los tubérculos se expanden con la acumulación de agua, nutrientes y carbohidratos. Se caracteriza especialmente con un incremento constante en el tamaño y peso de los tubérculos.
- d) Maduración: Disminuye gradualmente la fotosíntesis, empieza con la caída del follaje, donde las hojas viejas se tornan amarillas hasta llegar, gradualmente, a un color café, al madurar. El contenido de materia seca de los tubérculos alcanza en esta etapa su máximo, dando inicio al engrosamiento de la epidermis de los mismos.

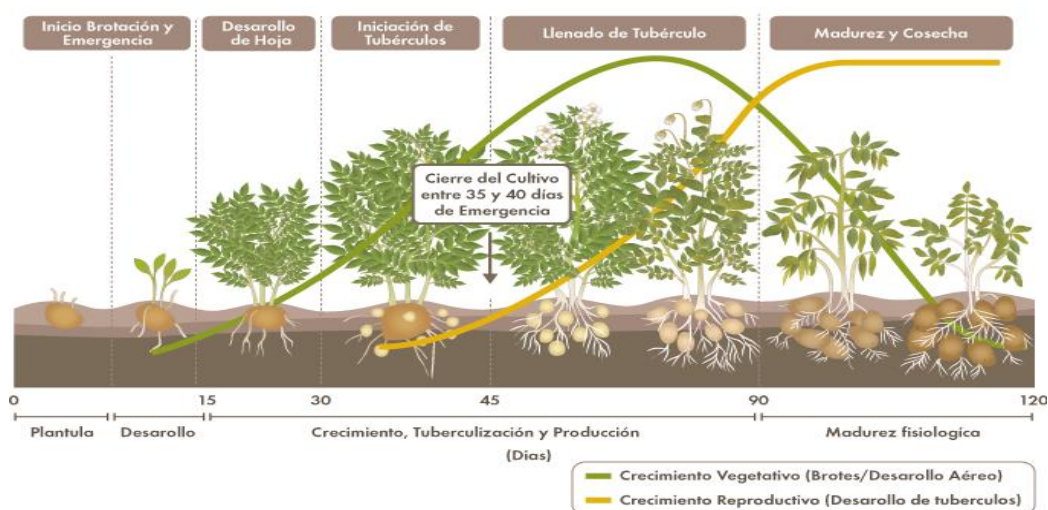


Figura 1. Fases fenológicas del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.).

2.4.1.7. Principales plagas y enfermedades que atacan al cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.).

En la provincia del Carchi las principales plagas que ocasionan daños en el cultivo de papa, reduciendo el rendimiento de la producción, se encuentran el *Pemnotrypex bórax* como el huésped específico de la papa, también existen una variedad de insectos masticadores que atacan al cultivo de papa como *Liriomyza* sp., *Tecia solanivora*. (Muñoz, 2010).

Entre las enfermedades fúngicas más importantes se encuentran *Spongospora subterránea*, *Phytophthora Infestans*, *Alternaria solani*, *Erysiphe chichoracearum*, *Sclerotinia Sclerotiorum*, *Rosellinia* sp. Todas estas enfermedades llegan a causar daño que disminuyen el rendimiento del cultivo de la papa (Pusimacho & Sherwood, 2002).

2.4.1.8. Fertilización del cultivo de papa.

El grado de fertilidad de un suelo se mide normalmente en función de la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Sin embargo, un suelo con alta cantidad de nutrientes no es necesariamente fértil, ya que

diversos factores, como la compactación, mal drenaje, sequía, enfermedades o insectos pueden limitar la disponibilidad de nutrientes. (Pusimacho & Sherwood, 2002) Por lo tanto, para realizar una buena fertilización se debería incluir criterios químicos, físicos y biológicos que aseguren un buen desarrollo del cultivo.

La fertilización está en relación con el rendimiento objetivo. Para un rendimiento de 50 t/ha se espera que se consuman alrededor de 250 kg/ha de N, 320 kg/ha de K y 50 kg/ha de P. (Huarte & Capezio) Conociendo el análisis de la composición del suelo, la tasa de mineralización, la movilidad del nutriente en el suelo y el consumo de la planta, se puede determinar la cantidad de fertilizantes a aplicar.

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.

Cuadro 5. Contenido de nutrientes de los fertilizantes más comunes

FUENTE	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	Mg
SIMPLES					
	(%)*				
UREA	46				
SULFATO DE AMONIO	21			24	
SUPERFOSFATO SIMPLE		20		12	
SUPERFOSFATO TRIPE		46			
MURIATO DE POTASIO			60		
SULFATO DE POTASIO			52		
SULPOMAG			22	22	11
COMPUESTOS					
FOSFATO MONOAMONICO	10	30	10		
FOSFATO DIAMONICO	18	46	0		
8-20-20	8	20	20		
15-15-15	15	15	15		

* Kilogramos de nutriente por cada 100 kg de fertilizante

Fuente: (Pusimacho & Sherwood, 2002)

Cuadro 6. Cantidad de fertilizante 10-30-10 o 18-46-0 a aplicar al momento de la siembra, según la superficie

Hectárea (10,000m ²)	Cuadra (7,056m ²)	Solar (1,764m ²)	Cantera (441m ²)
10-30-10 20 sacos	14 sacos	3 sacos	45 kg
18-46-0 13 sacos 2 sacos de muriato de potasio	9 sacos 1 saco de muriato de potasio	2 sacos 19 kg de Muriato de potasio	28 kg 5 kg de Muriato de potasio

Fuente: (Pusimacho & Velásquez, 2009)

2.4.2 NUTRICIÓN A BASE DE FÓSFORO.

2.4.2.1. Origen y función.

El fósforo es un elemento que en la naturaleza no se encuentra en estado puro, sino en forma de fosfatos. Se encuentra normalmente disponible en los suelos; las plantas lo asimilan de allí y los animales herbívoros de las plantas; el retorno se produce por las excreciones y por la descomposición de la materia orgánica muerta. (Mundo Pecuario, 2010)

El fósforo es un importante elemento nutricional para los seres vivos, formando parte esencial de las moléculas orgánicas para el desarrollo de los mismos. Es constituyente de los ácidos nucleicos, porta características energéticas e influencia el proceso de los ciclos bioquímicos, permitiendo procesos de respiración, fotosíntesis en plantas ayudando a la activación de intermediarios energéticos. Los ésteres de fosfato actúan en general como portadores energéticos en varias rutas metabólicas y como precursores de los ácidos nucleicos, mientras que los fosfolípidos juegan un papel importante en la integridad y función de las membranas celulares. (Vargas S. , 2012)

El Ciclo del fósforo es relativamente estable en los suelos. No presenta compuestos inorgánicos como los nitrogenados que pueden ser volatilizados y lixiviados. De esta alta estabilidad resulta una baja

solubilidad que a veces causa deficiencia disponibilidad de P para las plantas, a pesar de la continua mineralización de compuestos orgánicos del suelo. (Fassbender, 1983). El contenido de fósforo en el suelo generalmente varía entre los límites de 200 y 2000 ppm aproximadamente.

2.4.2.2. Formas de fósforo en el suelo.

A. Fósforo orgánico

El fósforo se encuentra formando varios compuestos, estando bien determinados fitatos, fosfolípidos, ácidos nucleicos, nucleótidos, fosfoazucares y algunas coenzimas. Además en las vacuolas hay pequeñas partículas de fósforo inorgánico. La mayor cantidad de fósforo inorgánico proviene del ácido fítico, cuya sal más importante en el suelo es la fitina (sal de calcio y magnesio) (Blasco, 1970). Las principales formas de fosfatos orgánicos dispuestas son: fosfato de inositol, los fosfolípidos y los ácidos nucleicos, siendo estas de origen microbiano. (Boschetti & Quintero, s.f)

La mineralización de la materia orgánica es lenta y por vía microbiana, requiriendo temperaturas de aproximadamente 25 a 30°C, pH neutro y humedad cercana a capacidad de campo. El proceso de mineralización está regido por la relación C/P de la materia orgánica, cuyo valor crítico es aproximadamente 200. Por encima de este valor se produce depresión del fosfato inorgánico (fenómeno similar al de la depresión de los nitratos). (Khasawneh, 2003)

B. Fósforo inorgánico.

Desde el punto de vista edafológico interesa clasificarlo de acuerdo a su disponibilidad mediata o inmediata para las plantas en: fósforo soluble, intercambiable e insoluble. (Khasawneh, 2003)

Fósforo soluble: son las formas aprovechables para las plantas en forma inmediata, es decir son fosfatos en la solución del suelo. Su concentración es débil y baja entre 200 a 400 gr/ha en 30 cm de espesor. En suelos muy ricos la concentración puede llegar hasta 1 mg/l y en suelos pobres a 0,1 mg/l. En general, es una concentración constante, independiente la relación suelo-agua.

Fósforo insoluble: la insolubilidad se puede deber a las precipitaciones como fosfato cálcico en medio alcalino, o como fosfato de hierro y aluminio en medios ácidos. Tanto en suelos ácidos como alcalinos, el fósforo tiende a sufrir una cadena de reacciones que producen compuestos fosforados de bajo solubilidad.

2.4.2.3. Disponibilidad del fósforo para las plantas

El fósforo del suelo se presenta casi exclusivamente como orto fosfatos derivados del ácido fosfórico, H_3PO_4 , Ca y Al. Los compuestos formados pueden encontrarse en forma de sales en solución, sales cristalinas o sales absorbidas por los coloides del suelo. El ión fosfato puede, además, ser directamente absorbido por los coloides del suelo o puede formar enlaces de gran estabilidad con los hidróxidos de Fe, Al o Mn que forman parte de los coloides del suelo. (Bobadilla & Rincón, 2008)

Las plantas absorben fósforo principalmente en forma de iones orto fosfatos primarios o secundarios (H_2PO_4 -y HPO_4^{2-}) que están presentes en la solución del suelo. La cantidad de cada forma depende del pH en la solución del suelo. El P es esencial para la calidad y rendimiento de los cultivos. El P promueve la rápida formación de tubérculos y crecimiento de las raíces. Mejora la resistencia a las bajas temperaturas, incrementa la eficiencia del uso de agua, contribuye a la resistencia a enfermedades y acelera la madurez. (Bertsch, 2003).

2.4.2.4. Pérdidas y ganancias de Fósforo.

Las principales vías de pérdida de fósforo del sistema suelo son: la remoción por la planta (5 a 60 kg/ha año en la biomasa cosechada), la erosión de las partículas de suelo que arrastran fósforo (0,1 a 10 kg/ha año en partículas minerales y orgánicas), y el fósforo disuelto en el agua de escurrimiento superficial (0,01 a 3 kg/ha año). (Sanzano, 2006)

Para cada una de estas formas de pérdida, las cifras más grandes de pérdida anual citadas podrían ser aplicadas a los suelos cultivados. Una vez que la tierra se incorpora al uso agrícola, las pérdidas de fósforo en las partículas de suelo rodado, en el agua de escurrimiento y en la biomasa removida por las cosechas, pueden ser sustanciales. En unos pocos años el sistema puede perder la mayor parte del fósforo reciclado entre las plantas y el suelo. El fósforo inorgánico remanente en el suelo no está disponible para las plantas. (Sanzano, 2006)

La falta de fósforo produce una disminución de la productividad de los vegetales y esto afecta, a su vez, a la vida animal. El fósforo proviene de las rocas fosfatadas que se desintegran y desgastan lentamente por la acción de las gotas de agua, los cristales de hielo, el viento, los rayos solares y las raíces de las plantas dejando en libertad el mineral que se convierte en una sal en solución, sea en el agua del suelo, sea en las extensiones de agua. Las plantas absorben el fósforo y otras sales minerales a través de sus raíces.

2.4.2.5. Fertilización Fosfórica

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. El fósforo (P), es un macronutriente esencial para el crecimiento y el desarrollo de los organismos vivos, es un elemento fundamental de los ácidos nucleicos, fosfolípidos y enzimas (Karandashov & Bucher, 2005)

El fósforo (P), que supone de 0,1 a 0,4 por ciento del extracto seco de la planta, juega un papel importante en la transferencia de energía. Por eso es esencial para la fotosíntesis y para otros procesos químico-fisiológicos. Es indispensable para la diferenciación de las células y para el desarrollo de los tejidos, que forman los puntos de crecimiento de la planta. (FAO, 2002)

Las plantas absorben fósforo principalmente en forma de iones ortofosfatos primarios o secundarios (H_2PO_4 -y HPO_4^{2-}) que están presentes en la solución del suelo, la cantidad de cada forma depende del pH en la solución del suelo. El P promueve la rápida formación de tubérculos y crecimiento de las raíces. Mejora la resistencia a las bajas temperaturas, incrementa la eficiencia del uso de agua, contribuye a la resistencia a enfermedades y acelera la madurez. (Bertsch, 2003)

Sin embargo, Pumisacho y Sherwood (2002) consideran que dado que el P tiene baja movilidad, la mejor época de aplicación de fósforo es al momento de la siembra. Estos autores refieren que cuando se ha fraccionado el fósforo, los rendimientos son similares a los obtenidos con la aplicación total a la siembra señalando que cuando se ha aplicado todo el P al medio aporque, se ha observado que las plantas presentan síntomas de deficiencia de fósforo (enanismo) y menor rendimiento.

El fósforo aparte de ser un elemento esencial en la composición de los suelos, tiene una problemática en cuanto a la disponibilidad generando de esta manera dificultad en la obtención por parte de las plantas.

2.4.2.6. Factores que afectan la disponibilidad de fósforo para las plantas.

Humedad: Las experiencias señalan que el movimiento del fósforo aumenta con el contenido de agua del suelo. Por otra parte la absorción de fósforo por las plantas aumenta cuando la succión matriz del suelo disminuye, lo que concuerda con el concepto de que la transferencia del nutriente a las raíces se efectúa por medio del agua. (Khasawneh, 2003)

Textura: Influye en la asimilabilidad del fósforo tanto por el contenido de agua que el suelo puede retener como por la contribución a la riqueza del fósforo del suelo. Los suelos de textura gruesa tienen menor contenido de agua que los de textura fina a cualquier succión matriz, y por lo tanto menor difusión del fósforo hacia la raíz. Por otra parte la cantidad de fósforo lábil o intercambiable será menor en los suelos de textura gruesa que los de textura fina que tienen mayor capacidad de adsorción de aniones. (Sanzano, 2006)

Coloide inorgánico: Interesan el tipo y la cantidad de arcilla. Algunos minerales de arcilla son mucho más fijadores que otros. Generalmente aquellas arcillas que poseen gran capacidad de adsorción de aniones (debido a superficies cargadas positivamente), tienen una gran afinidad por los iones fosfato. (Sanzano, 2006)

Materia orgánica: Es fuente permanente de fósforo a través de los procesos de descomposición y mineralización que liberan nutrientes a la solución del suelo. La materia orgánica generalmente tiene poca capacidad para fijar fuertemente los iones fosfato. Los suelos ricos en materia orgánica, especialmente de fracciones activas de la misma, casi siempre exhiben relativamente bajos niveles de fijación de fósforo. (Agronotas, 2006)

pH del suelo: La mayor parte de la fijación de fósforo ocurre a muy bajos o muy altos valores de pH. Cuando el pH sube desde menos de 5 hasta 6, los fosfatos de hierro y aluminio se hacen algo menos

solubles. Además cuando el pH cae desde más de 8 hasta menos de 6, los fosfatos de calcio incrementan su solubilidad. Por lo tanto, como regla general en los suelos minerales, la fijación de fosfatos es baja (y la disponibilidad para la planta es alta) cuando el pH se mantiene en el rango entre 6 y 7. (Randy & Weil, 2000)

2.4.3 LA PRODUCTIVIDAD

2.4.3.1. Concepto.

La productividad es la relación entre la producción obtenida por un sistema de producción y los recursos utilizados para obtenerla. Así pues, la productividad se define como el uso eficiente de recursos trabajo, capital, tierra, materiales, energía, información en la producción de diversos bienes y servicios. (Prokopenko, 1989)

2.4.3.2. Importancia y función de la productividad

A veces la productividad es considerada como un uso más intensivo de recursos, no obstante la esencia del mejoramiento de la productividad es trabajar de manera más inteligente, no más dura.

La productividad determina en gran medida el grado de competitividad internacional de los productos de un país, la baja productividad tiene repercusiones muy serias en los aspectos ambiental, social y económico. Se detalla en la cuadro 7 el costo de producción por tonelada de los principales países productores de papa.

Cuadro 7. Principales productores de la papa - costo de producción (USD/Tonelada)

PAÍSES	2010	2011	2012	2013
China, Continental	274,74	443,34	303,65	377,71
Estados Unidos de América	203,00	207,00	190,00	214,00
Federación de Rusia	312,94	351,57	248,6	297,02
Ucrania	268,39	255,08	142,68	232,83

Fuente: FAOSTAT

De acuerdo con Aguado (2012), la agricultura juega un rol importante en la economía de los países en desarrollo. La tecnificación de la agricultura y el uso eficiente de las tierras es fundamental para alcanzar la seguridad alimentaria, reducir la pobreza y alcanzar un desarrollo integral sostenible.

Las presiones para que aumente la productividad agrícola aceleran la erosión del suelo. Esas pérdidas de tierra pueden estar enmascaradas por el empleo de más fertilizantes, pero con un costo cada vez mayor y con el peligro de la contaminación ambiental. La elevación del costo de los insumos agrícolas, la limitada disponibilidad de nuevas tierras y la apremiante necesidad de una economía agropecuaria abogan por un uso más prudente de las tierras disponibles.

Importancia de la papa en la economía del país.

Ecuador es autosuficiente en la producción de papa para el consumo en fresco. Cuadro 8. Sin embargo es deficitario en papa bastón congelada, en el 2012 se importó 7.749 TM, en donde el aporte al PIB agrícola fue de 3,27%, se estima que se generan 2 empleos directos por hectárea y se generaron al menos 84.000 empleos. MAGAP (2013).

Cuadro 8. Oferta y demanda de la papa 2010 - 2012

Concepto	OFERTA TM		
	2010	2011	2012
Producción	386.798,00	339.038,00	305.000,00
Importaciones	12.953,52	14.671,66	15.675,79
Total Oferta	399.751,52	353.709,66	320.675,79
DEMANDA TM			
Finca	54.151,72	47.465,32	42700,00
Industria	15.471,92	13.561,52	12200,00
Consumo Doméstico	325.316,44	275.618,93	258.662,89
Exportaciones	4.811,44	17.063,89	7.112,90
Total Demanda	399.751,52	353.709,66	320.675,79

Fuente: BCE/CCP

Elaboración: MAGAP

2.4.3.3. Los fertilizantes en la productividad agrícola

Es verdad que los fertilizantes químicos y en general, los insumos agrícolas, aumentan la productividad agrícola en los primeros años que se usan, sin embargo, se sabe que la productividad no se sostiene por mucho tiempo.

Según Pelletier, citado por Aguado (2012), el uso de fertilizantes ha sido un componente crítico para el mejoramiento de la productividad agrícola en suelos en los que la fertilización química ha contribuido con alrededor de un 30 a un 50% al incremento en la productividad de los cultivos.

Dentro de los recursos con los que se cuenta actualmente para disminuir el uso de los fertilizantes químicos se encuentran compostas y biofertilizantes fijadores de nitrógeno como el *Azospirillum brasilense* y el *Rhizobium étti* así como hongos Micorrizicos o Micorrizas que ayudan a la solubilización de nutrientes como fósforo y potasio, asimismo existen productos orgánicos para el tratamiento de plagas de insectos y enfermedades al igual que prácticas de agricultura orgánica. (Biofabrica siglo XXI, 2014)

2.4.3.4. Como medir la productividad de un cultivo

En la productividad agrícola se mide el cociente entre la producción y los factores productivos. Esta tiene que ver con la eficacia y la eficiencia con que se usan los recursos y se expresa como un porcentaje de la producción entre los factores.

La productividad en la agricultura se puede medir de muchas maneras, por ejemplo el rendimiento de un cultivo en kilogramos por hectárea es la medida de la productividad del cultivo por unidad de área más utilizado, que si bien es interesante incrementar ese valor al máximo, es más importante aún incrementar otra medida de productividad que es la rentabilidad, que puede ser medida en cantidad de dinero producido por hectárea o la cantidad de dinero producida por unidad de área. (Hernández, s,f).

2.4.3.5. Mejoramiento de la productividad del cultivo de papa

De acuerdo a un artículo del MAGAP (2013) manifiesta que para mejorar la productividad es preciso la aplicación de buenas prácticas agrícolas BPA, así mismo el uso de un paquete tecnológico adecuado para superar de manera sostenible los problemas que afectan la competitividad.

Se estima que durante el 2012 se produjeron 305.000 TM con un rendimiento promedio nacional de 8 TM/ha. Ecuador tiene rendimientos bajos en comparación a otros países productores de papa. Colombia 16, Perú 20, Estados Unidos 30, Holanda 32 TM/ha.

La baja productividad por hectárea se explica por el predominio de un paquete tecnológico tradicional, bajo nivel de procesamiento industrial (MAGAP, 2013), Por otro lado la decisión de siembra está relacionada al precio del producto.

En la provincia de Carchi, la estructura de costos de producción de papa en el año 2014 bordea los US\$ 5,000 por ha. En el cuadro 9 se aprecia también un peso relativo importante de los fertilizantes y controles fitosanitarios que, en conjunto representan el 36,36 % del total de costos, seguidos por el costo de la cosecha con el 25,57% debido a la gran cantidad de mano de obra que se requiere para la realización de esta actividad. (MAGAP, 2014)

Cuadro 9. Costos de producción del cultivo de papa

Actividad	Costos (USD/ha)
Preparación del terreno	341,08
Siembra	691,00
Fertilización	1028,00
Labores culturales	416,00
Control fitosanitario	784,77
Cosecha	1,275,00
Areindo del terreno	450,00
Costo total	4986,57

Fuente: MAGAP – Comercialización

Por otro lado a inicios del 2015, el precio llegó hasta 35,00 dólares la súper chola y al hasta finales del mes de marzo el precio oscilaba entre 12 y 15 dólares, esto ha generado incertidumbre en el sector papero, por el bajo precio de venta (Revista El Agro, 2015)

Si se adquiere la cultura de la productividad se refuerza la seguridad alimentaria, se mejora el nivel de vida, se reduce el impacto ambiental, se genera oferta de crédito e interés por la inversión en el sector rural, contribuye a la estabilidad económica, se consiguen cosechas a costos más bajos por unidad de producción (kilos, Toneladas, Etc.), se mejora la balanza comercial porque contribuye a reducir la importación de alimentos, aumenta la oferta laboral y reduce la emigración. (T.P. AGRO S.A.S, 2014)

El tubérculo representa un rubro de importancia para la soberanía alimentaria, es potencial para trabajar en la industrialización y

sustitución de importaciones de papa bastón, pre-frita, congelada y chips de papa.

2.4.4 MICROORGANISMOS

2.4.4.1. Concepto.

En el suelo, la mayoría de microorganismos existentes corresponden al grupo de las bacterias (alrededor del 98%) especies más diversas en número y comportamiento. Se reproducen rápidamente por división celular llegando a producir gran cantidad de bacterias en un período corto de tiempo. Durante el crecimiento poblacional de éstas, una diversidad de ellas puede tener disponible una elevada cantidad de carbono, por su alta actividad de alimentación. Durante la transformación del carbono natural, se originan numerosos subproductos que generan grandes cambios químicos que pueden ocurrir en el suelo como resultado.

La mayor parte de la alteración química que se produce en el suelo se debe a la actividad de sus microorganismos, es por esto que la capacidad del suelo para proporcionar nutrientes al cultivo en desarrollo es cada vez menor pues sus reservas propias se van agotando.

2.4.4.2. Diversidad microbiana con fines de uso en la agricultura

En el sistema suelo ocurren diversas relaciones entre grupos microbianos que estimulan o inhiben la proliferación de un grupo. La diversidad microbiana propicia la búsqueda de microorganismos con actividad fisiológica específica. Así encontramos bacterias y hongos benéficos que mediante su uso es factible la obtención de incrementos significativos en el crecimiento vegetal y otros beneficios paralelos. Esto beneficios son mayores cuando la microflora benéfica nativa se encuentra reducida por efecto de prácticas culturales y de

manejo en los cultivos, cuando se introduce en sistemas de producción de plantas que involucren la esterilización o fumigación del sustrato. De este modo, se asegura que el beneficio que los microorganismos pueden proveer a sus hospedantes sea rápidamente visible, ya que se favorece su contacto con las plantas. (Ferrera, 2000)

2.4.4.3. *Microorganismos solubilizadores de fósforo*

Los grupos microbianos capaces de solubilizar el fósforo edáfico son varios y entre ellos los de mayor relevancia son los hongos muchos de los cuales son patógenos como el *Aspergillus*, *Fusarium*, *Sclerotium*. Un segundo grupo lo constituyen los Actinomyces grandes productores de sustancias antibióticas y las bacterias entre las que podemos mencionar a *Bacillus*, *Flavobacterium* y *Pseudomonas*. (Oviedo & Iglesias, 2005)

Muchas plantas han demostrado haberse beneficiado de la asociación con microorganismos bajo condiciones deficientes de fósforo. La presencia en el suelo de un gran depósito de este elemento que no puede ser utilizado por las plantas pone de manifiesto la importancia del papel de los microorganismos en la conversión del fósforo orgánico como elemento combinado en los restos vegetales y en la materia orgánica del suelo, a formas inorgánicas aprovechables por las plantas. (EcuRed, 2013)

2.4.4.4. *Mecanismos para la solubilización de fosfatos*

Los mecanismos para la solubilización de fosfatos en el suelo son tres. El primer mecanismo consiste en excretar ácidos orgánicos como resultado de la oxidación de la glucosa y provocar una disminución en el pH, liberando así el Pi del suelo. (Rodríguez & Fraga, 1999) Entre los

ácidos identificados producidos por PSB están: ácido cítrico, ácido glucurónico, ácido succínico, ácido láctico y ácido propiónico.

El segundo mecanismo responde a la producción de ácidos orgánicos quelantes de Pi (quitina, polímeros fenólicos y melanina). Los microorganismos involucrados en la solubilización de roca fosfórica, normalmente producen ácidos orgánicos, los cuales a través de su hidroxilo o carboxilo grupo terminal, quelan los cationes unidos al fosfato y entonces liberan el fosfato soluble (Kpombekou & Tabatabai, 1994)

El último mecanismo es la solubilización de fósforo orgánico, Este proceso se desarrolla mediante enzimas que separan al fósforo de los sustratos orgánicos y que se denominan fosfatasa, que pueden ser del tipo no específicas (fosfohidrolasas ácidas) o específicas (3'-nucleotidasa, 5'-nucleotidasa, hexosafosfatasa y fitasas). Como regla general una sola fosfatasa puede actuar en muchos sustratos diferentes y con esta actividad los microorganismos pueden aportar a las plantas entre el 30-60% de sus necesidades de fósforo (EcuRed, 2013)

El fósforo también puede estar más disponible para la asimilación de las plantas por la acción de ciertas bacterias que liberan sulfuro de hidrógeno, producto que reacciona con el fosfato férrico para producir sulfuro ferroso, liberando el fosfato. (EcuRed, 2013)

2.4.4.5. Bacterias solubilizadoras de fósforo

Las bacterias que colonizan la raíz de las plantas (rizobacterias) pueden ser categorizadas con base a efectos deletéreos, benéficos o neutros en lo que respecta a la nutrición y sanidad radical. Sin embargo, estos efectos varían en función de la planta y el ambiente, los cuales influirán en la expresión patogénica o benéfica. Diversas especies bacterianas tienen capacidad para solubilizar compuestos

inorgánicos de P insolubles como el fosfato tricálcico, dicálcico, hidroxiapatita y en cierta medida rocas fosfóricas.

Los géneros *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Rhizobium*, *Burkholderia*, *Achromobacter*, *Agrobacterium*, *Micrococcus*, *Aerobacter*, *Flavobacterium*, *Azotobacter* y *Erwinia* son las bacterias que favorecen en gran magnitud la solubilización de fosfatos y su hábitat es el suelo y la rizosfera. Algunas de las especies de bacterias que han sido utilizadas como biofertilizantes, debido a la capacidad solubilizante de fósforo son las siguientes:

- *Pseudomonas striata*
- *Rhizobium leguminosarium*
- *Rhizobium loti*
- *Bacillus amyloliquefaciens*
- *Bacillus polymyxa*
- *Bacillus megaterium*
- *Bacillus pulvifaciens*
- *Bacillus circulans*

2.4.4.6. Los inóculos de microorganismos solubilizadores de fósforo

Estos son preparados que contienen células vivas o latentes de cepas microbianas eficientes solubilizadoras de fósforo, que se utilizan para aplicar a las semillas o al suelo, con el objetivo de incrementar el número de estos microorganismos en el medio y acelerar los procesos microbianos, de tal forma que se aumenten las cantidades de nutrientes que pueden ser asimilados por las plantas los que influyen sobre el desarrollo y el rendimiento de los cultivos.

El fosfotic es un producto amigable con el ambiente de la línea de biofertilizantes de AGRODIAGNOSTIC, es un complejo bacteriano que contiene cepas de microorganismos nativos del Ecuador que

puede ser aplicado en todos los cultivos para solubilización del fósforo del suelo, haciéndolo disponible para la planta. Presenta el 40% de ingrediente activo (bacterias solubilizadoras de fósforo) con un contenido de UFC (5×10^{12} /ml)

Este producto aporta microorganismos benéficos al suelo, puede ser aplicado en todos los cultivos, recomendado para cultivos orgánicos y convencionales. Se puede aplicar vía drench o por riego al suelo, en cualquier etapa del cultivo, en los de ciclo corto hacer tres aplicaciones dependiendo de las necesidades de fosforo del mismo.

2.4.5 LAS MICORRIZAS

2.4.5.1. Concepto.

La micorriza es una asociación constituida por un conjunto de hifas fúngicas (micelio) que entrar en contacto con las raíces de las plantas, formando una extensa red de hifas capaz de interconectar, subterráneamente, a las raíces de plantas. Esta red de micelio permite, bajo ciertas condiciones, un libre flujo de nutrimentos hacia las plantas hospederas y entre las raíces de las plantas interconectadas estableciendo una gran unión bajo el suelo entre plantas. Camargo, et al (2012). Existe una simbiosis, ya que la raíz aprovecha los nutrientes que el hongo toma del suelo y los traslada a la planta y a su vez, el hongo toma de la planta el carbono necesario para su desarrollo.

2.4.5.2. Clases de micorrizas

Existen varias clases de micorrizas como las ectomicorrizas y las endomicorrizas de las cuales las más comunes son las endomicorrizas arbusculares. Este tipo de micorrizas es de interés de las plantas cultivadas.

Para que se forme una micorriza se requiere que en el suelo exista inoculo del hongo formador de esta asociación, el inoculo puede ser nativo o desarrollado por el hombre, es decir que sea aplicado al cultivo. Entre el hongo y la planta se producen reacciones bioquímicas que permite que el hongo penetre la raíz y así forme la simbiosis micorrícica. (CORPOICA, s.f)

2.4.5.3. Beneficios de las micorrizas

Absorción de nutrientes ya que la raíz colonizada explora mayor volumen de suelo que si no tuviera micorriza, debido a que el hongo desarrolla micelio por sitios donde la raíz no puede llegar. Existen estudios sobre mayor absorción de nutrientes como fósforo, nitrógeno, calcio, potasio, magnesio. (CORPOICA, s.f)

Mayor crecimiento y producción puesto que las plantas están asociadas simbióticamente, presentan mayor desarrollo que aquellas que no fueron micorrizadas.

2.4.5.4. Beneficios potenciales de las micorrizas a los cultivos.

- Mejora en la absorción de nutrientes, principalmente fósforo y nitrógeno.
- Mejora en la absorción de agua y aumento de la resistencia a condiciones de estrés hídrico. Aumento de la resistencia a condiciones de cultivos salinos.
- Incremento de la resistencia frente a hongos patógenos del suelo por su efecto antagónico. Una raíz colonizada por hongos micorrícicos es difícil que lo sea a su vez por hongos patógenos.
- Mejoras en la estructura del suelo por los agregados que forman las hifas y filamentos del hongo.

- Efectos hormonales sobre las raíces que aumentan su desarrollo y el de toda la planta.

2.4.5.5. *Los inóculos micorrícicos*

En principio pueden ser tanto fitosanitarios antagonista como biofertilizantes al ayudar a la absorción de nutrientes esenciales para las plantas.

La manera más eficaz y sencilla de aplicar el inóculo es en la siembra, añadiremos el inóculo al sustrato, de modo que desde el momento en que las raíces emergen de las semillas, entren en contacto con los propágulos del hongo y establezcan la simbiosis rápidamente. De esta forma cuando se trasplanta al campo, su sistema radicular ya está perfectamente micorrizado y podrá a provechar todas las ventajas de la simbiosis.

2.4.6 EL COMPOST

2.4.6.1. *Concepto.*

Es compost es el resultado del desdoblamiento de los desechos de origen animal y vegetal, en un ambiente húmedo y caliente con la presencia del aire y, sobre todo, de microorganismos. El compost puede ser enriquecido mediante la adición de roca fosfórica y cal agrícola. (MAGAP, 2014, pág. 5)

2.4.6.2. *Biología del proceso se compostaje.*

El compost es un proceso biológico llevado a cabo por microorganismos, estos para producirse y crecer deben degradar los residuos para formar energía y sintetizar nuevo material celular. En el proceso de compostaje se llevan a cabo una serie de reacciones, las cuales además de liberar energía en forma de calor, forman una serie

de compuestos orgánicos que a su vez son utilizados por los microorganismos hasta completar la degradación de los residuos.

Los microorganismos presentes en el compostaje producen una serie de enzimas extracelulares como proteasas, amilasas, lipasas entre otras que digieren los materiales insolubles para transformarlos en solubles para ser utilizados finalmente por estos como nutrientes.

2.4.6.3. Proceso de compostaje

El proceso de compostaje se define como la oxidación de residuos orgánicos en condiciones controladas de humedad, temperatura y aireación, realizado por microorganismos. Estos utilizan el carbono y el nitrógeno disponibles en los residuos, liberando energía y producen a través de una serie de reacciones bioquímicas agua, dióxido de carbono, humus y sales minerales.

2.4.6.4. Composición química del Compost.

En el cuadro 10, la clasificación de los elementos está en función de la abundancia relativa en la composición vegetal y la proporción media aproximada de cada elemento dentro del conjunto. (Compostadores, 2012)

Cuadro 10. Composición química del compost

MACRONUTRIENTES				MICRONUTRIENTES
	PRIMARIOS	SECUNDARIOS		
N	2,0%	Ca	1,3%	Fe, Zn, Cu, Mn, B, Cl La suma de todos ellos se supone el 1% de la composición química de las plantas.
P	0,4%	Mg	0,4%	
K	2,5%	S	0,4%	

Fuente: (Compostadores, 2012)

2.4.6.5. Aplicación

Se aplica al momento de la siembra, colocando directamente en el hoyo donde se va a sembrar. Debe dejarse colocado una capa intermedia de suelo, para que la raíz de la planta no se queme por contacto directo con el compost. La aplicación en forma externa puede hacerse en corona o media luna dependiendo de la topografía de predio y se recomienda cubrir el abono con hojarasca o tierra. (Bungcam, 2003)

2.4.6.6. Ventajas del compost

- Mejora la cantidad de materia orgánica.
- Mejora la estructura del suelo.
- Incrementa la retención de humedad.
- Aporta de manera natural los elementos minerales que requieren las plantas.
- Incrementa la capacidad de retención de nutrientes.
- Incrementa y favorece el desarrollo de la actividad biológica del suelo.
- Ahorro económico en abonos químicos

2.4.6.7. Principales usos del compost en la agricultura

A. Enmienda orgánica del suelo

Es el principal uso como un material destinado a mantener o incrementar los niveles de materia orgánica del suelo. Muchas propiedades del suelo dependen del contenido de materia orgánica, la estructura, la capacidad de retención de agua y de aireación, así como también el riesgo de erosión y compactación, buena parte de su capacidad de intercambio catiónico, responsable de la retención de nutrientes, el color que afecta a su capacidad de calentamiento, el sostenimiento de la microflora del suelo. (O'Ryan & Riffo, 2007)

B. Fertilizante orgánico

Todas las culturas antiguas basaron el mantenimiento de la fertilidad de los suelos cultivados en aportes periódicos de sustancias orgánicas de diversas procedencias, que venían a compensar las pérdidas de fertilidad y contenido de carbono del suelo.

Con la llegada de los fertilizantes químicos y la espectacular producción que se obtenía con estos hizo suponer que los abonos orgánicos estarían remplazados, sin embargo con el paso del tiempo se puso de manifiesto que la productividad no dependía solo de los niveles de nutrientes, sino del mantenimiento de la calidad del suelo.

C. Supresión de microorganismos patógenos del suelo

Diversos estudios han evidenciado que la aplicación de compost tiene efecto en la disminución de microorganismos patógenos del suelo. Esto principalmente porque el compost en el suelo aumenta los microorganismos benéficos los cuales suprime a los patógenos de las plantas mediante antagonismo.

D. Sustrato

El compost maduro puede remplazar de forma parcial la turba utilizada como sustrato de almácigos y plantas en macetas obteniendo buenos resultados, sin embargo para ser utilizado como sustrato debe poseer una baja salinidad ya que puede disminuir la germinación y el buen desarrollo de las plantas. Los rangos más adecuados de mezcla van de 10 a 40 %.

E. Control de malezas

El compost se puede aplicar como acolchado de suelos o mulch en estado inmaduro (8 semanas) reduciendo la aparición de malezas, esto debido a que la presencia de este en el suelo disminuye el paso de la luz y también por el contenido de ácidos grasos fitotóxicos para

las plantas cuando el compost es inmaduro impide la germinación de semillas. (O'Ryan & Riffo, 2007)

2.4.6.8. Beneficios de los sistemas de producción orgánica

Se conoce las bondades de la agricultura orgánica en calidad y cantidad de productos por la nivelación del suelo en nutrientes cuando se trabaja directamente con compost preparado en forma técnica. (Bungcam, 2003)

El compost produce efectos positivos en el suelo tanto para propiedades físicas, químicas y biológicas, su incorporación permite mejorar su estructura, reduciendo los problemas de compactación y susceptibilidad a la erosión.

2.5 HIPÓTESIS

2.5.1 HIPÓTESIS ALTERNATIVA (H1):

Utilizando microorganismos solubilizadores de fósforo, micorrizas y compost, en condiciones semicontroladas mejoran la productividad del cultivo de papa (*Solanum tuberosum L.*)

2.5.2 HIPÓTESIS NULA (H0):

Utilizando microorganismos solubilizadores de fósforo, micorrizas y compost, en condiciones semicontroladas no mejoran la productividad del cultivo de papa (*Solanum tuberosum L.*)

2.6 VARIABLES

2.6.1 VARIABLE INDEPENDIENTE: Utilización de micorrizas, fosfotico y compost

2.6.2 VARIABLE DEPENDIENTE: La productividad del cultivo de papa

III. METODOLOGÍA

3.1 MODALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación tiene el carácter de cuali-cuantitativo, las cuales permitió observar resultados del efecto de los microorganismos sobre el fósforo. Además, se desarrolló un análisis estadístico para llegar a determinar los mejores tratamientos en aprovechamiento del fósforo no soluble del suelo, por parte del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) Variedad súper chola”.

3.2 TIPOS DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación es de campo y experimental, se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA), y prueba de Tukey al 5% para diferenciar tratamientos.

3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN

3.3.1 POBLACIÓN

La población de la investigación está considerada a todo el diseño experimental implantado en condiciones semicontroladas, el cual estuvo conformada por 40 plantas distribuidas en 40 unidades experimentales.

Cuadro 11. Descripción de las características del diseño experimental.

Diseño de bloques completo al azar	Dimensiones
Área total del experimento	44 m ²
Área neta experimental	7.24 m ²
Área de la unidad experimental	0,181 m ²
Número de unidades experimentales	40
Numero de tratamientos	10
Distancia entre macetas	20 cm
Sustrato por unidad experimental	50 kg
Tubérculos semilla por unidad experimental	1

Fuente: Elaborado por (Narváez. F 2015)

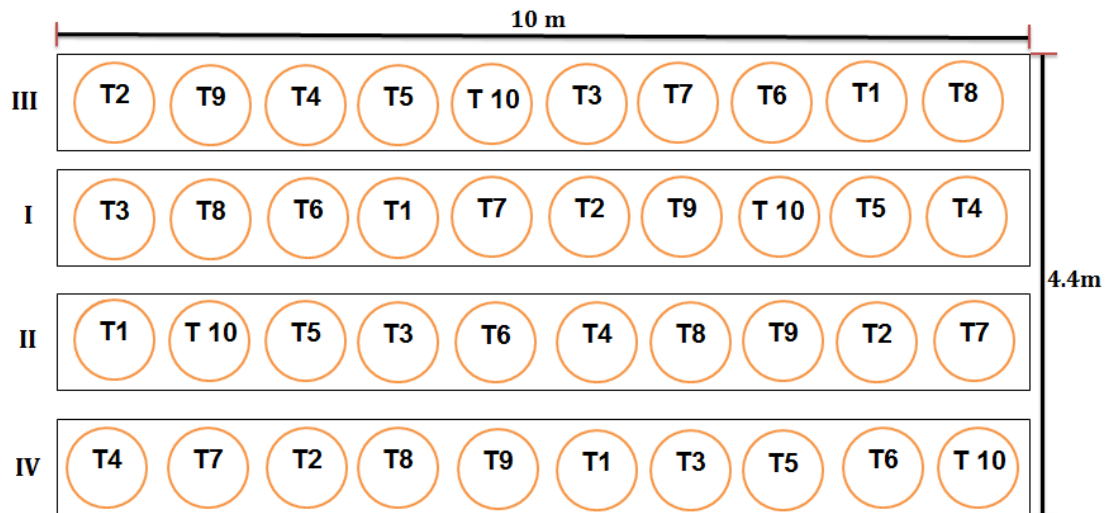


Figura 2. Distribución de las unidades experimentales

3.3.2 MUESTRA

La muestra estuvo representada por cada una de las macetas como unidad experimental. Como se detalla en la figura 3.

Tratamientos: 10

Repeticiones: 4

Unidad experimental: 1 maceta de 50 kg de capacidad, volumen (60 litros).

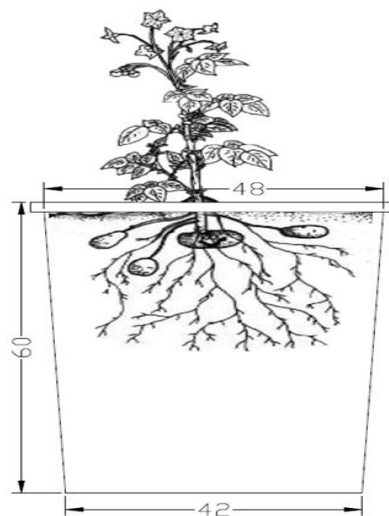


Figura 3. Esquema de la disposición de las plantas de papa en cada maceta.

3.4 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Cuadro 12. Operacionalización de variables

Hipótesis	Variables	Descripción de la variable	Dimensiones	Indicadores	Técnicas	Instrumento	Informante
El empleo de microorganismos solubilizadores de fosfatos, constituyen una alternativa para mejorar la producción en el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.)	V. I Utilización de micorrizas, fosfotíc (microorganismos solubilizadores de fósforo) y compost	Los microorganismos forman gran parte del suelo y a su vez son indispensables, para completar procesos de transformación de elementos necesarios en la naturaleza. La función que estos cumplen en procesos como la solubilización de fosfato en los suelos y la absorción de nutrientes.	fosfotíc	Dosis: 0.5cc/L	Observación	Libros	Autor
			Micorrizas	Dosis: 0.5cc/L	Observación	Libros	Autor
			compost	Enmienda 2kg/40kg suelo	Observación	Libros	Autor
	V. D La productividad del cultivo de papa, efecto de los microorganismos solubilizadores de fosfatos sobre el	Se cosecha y clasifica en categorías primera, segunda y tercera, realizando las conversiones correspondientes a toneladas por hectárea	Emergencia	Contar el número de brotes/planta.	Observación	Libro de campo.	Autor
			Altura de la planta	Selección de plantas a ser medidas crecimiento (Cm/día)	Observación/ Medición	Libro de campo; metro	Autor
			Grosor de tallos	Diámetro de tallo en cm en los diferentes tratamientos cada 30 días	Observación	Calibrador; Libro de campo.	Autor

	rendimiento del cultivo de la papa		Número de tubérculos por planta,	Contabilizar el número de tubérculos por planta y se establece promedio.	Observación	Libro de campo.	Autor
			Tamaño promedio de los tubérculos por tratamiento	Selección de tubérculos por calibre	Observación	Libro de campo.	Autor
			Peso de los tubérculos por planta	Pesaje de la producción por planta (Kg / planta)	Observación	Balanza, ficha de observación	Autor
			Rendimiento agrícola	Pesaje de la producción total.	Observación	Balanza, ficha de observación	Autor
			Microorganismos totales	Conteo de microorganismos totales	Observación		Autor

3.5 PLAN RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

3.5.1 FUENTES BIBLIOGRÁFICAS.

La información bibliográfica para la investigación se concretó a través de libros, temas de investigación y revistas científicas.

3.5.2 INFORMACIÓN PROCEDIMENTAL.

Esta investigación se realizó en condiciones semicontroladas (invernadero) bajo una temperatura promedio: 17,5°C ambiente y 16,2°C en suelo, humedad relativa: 75%. Se empleó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA). Dentro de la información necesaria se considera localización del experimento, factores en estudio, análisis funcional, las variables a evaluarse y manejo específico del experimento.

3.5.3 LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO.

El ensayo se desarrolló en la Provincia del Carchi, en los Cantones Huaca y Tulcán, Centro experimental San Francisco de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi.

a) Datos Informativos del Ensayo.

El ensayo fue implantado el 30 de octubre del 2015 a las siguientes coordenadas latitud 193486 y longitud 10068342 cuya altitud es de 2945 metros sobre el nivel del mar (Coordenadas geográficas UTM).

3.5.4 TRATAMIENTOS.

Los tratamientos están representados como se describen a continuación (Cuadro 13).

Cuadro 13. Composición de los tratamientos y descripción de cada uno

Tratamiento	Composición	Descripción
T1	TIERRA	Testigo absoluto (suelo franco limoso)
T2	COMPOST	compost (elaborado en Finca Moritas)
T3	TIERRA + FERTILIZANTE	Tierra con fertilizante N P K, 7.5g (18-46-00), 4g (0-0-60) y 2g (urea)
T4	TIERRA + COMPOST	tierra con compost (sustrato 50%)
T5	TIERRA + COMPOST + FOSFOTIC	Tierra con compost y Fosfotic (formulación complejo de bacterias solubilizadoras de fósforo)
T6	TIERRA + COMPOST + MICORRIZAS	Tierra con compost y formulación micorrizas (endomycorrizas)
T7	TIERRA + C + FOSFOTIC + MICORRIZAS	Tierra con compost y la formulación micorrizas y complejo de bacterias solubilizadoras de fósforo
T8	TIERRA + FOSFOTIC	Formulación complejo de bacterias solubilizadoras de fósforo
T9	TIERRA + MICORRIZAS	Formulación micorrizas
T10	TIERRA + FOSFOTIC + MICORRIZAS	Formulación micorrizas y complejo de bacterias solubilizadoras de fósforo (5cc/1L de agua)

3.5.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

3.5.5.1 Tipo de diseño.

En la investigación se empleó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA).

Para cada tratamiento se realizaron 4 réplicas. Se evaluaron los efectos de los microorganismos sobre los componentes del rendimiento y el rendimiento en el cultivar de papa Superchola.

a) Características del ensayo.

Consta de 10 tratamientos y 4 repeticiones, tomando en cuenta el número de tratamientos y repeticiones se dispuso de cuarenta (40) unidades experimentales, las características del diseño experimental y la descripción de las unidades experimentales se describen en el cuadro 14.

Cuadro 14 Características del ensayo

Número de tratamientos	Diez. (10)
Número de repeticiones	Cuatro (4)
Número de unidades experimentales	Cuarenta (40)
Unidad experimental	Maceta, volumen (60 litros).

Elaborado por: (Narváez, F. 2015)

b) Características de la Unidad experimental.

La unidad experimental estuvo conformada por cada maceta con un diámetro de 48 cm dando un área de 0,181 m², con un volumen de 60 litros, para cada planta por maceta la cual representa la unidad experimental.

c) Esquema del análisis estadístico.

Cuadro 15. Representación del análisis de la varianza

FUENTE DE VARIACION	Formula	GRADOS DE LIBERTAD
Total	Tr-1	39
Tratamientos	T-1	9
Repeticiones	r-1	3
Error experimental	(T-1)(r-1)	27

Elaborado por: (Narváez, F. 2015)

d) Análisis funcional

Para obtener los resultados de la investigación, se utilizó un análisis de varianza, y una prueba de comparación de medias Tukey a un nivel de significación al 5%.

3.5.5.2 Variables evaluadas.

- Variables del cultivo.

a) Análisis de suelo pre-siembra.

Se tomó una muestra de suelo, a una profundidad de 25 cm, del lote 4 de la finca San Francisco de la UPEC para el respectivo análisis de fósforo disponible.

b) Porcentaje de emergencia de plantas.

Se observó en cada una de las macetas en donde tenían que emerger una planta, esta variable fue obtenida a los 30 días posteriores a la siembra.

c) Inoculación de los microorganismos (biofertilizantes) y fertilización del testigo químico.

A los 20 días posteriores a la siembra se procedió a adicionar los tratamientos en donde quedaron inoculadas las bacterias solubilizadoras de fósforo y las micorrizas en dosis de 5cc por litro de agua; estableciendo una aplicación en drench a la base de las plantas en las respectivas unidades experimentales.

Además se realizó la respectiva fertilización en el testigo químico colocando 3 g de (46-0 -0), 4.06 g de (0-0-60) y 7.53 g de (18-46-0), mezcla física.

d) Número de tallos a los 30 días.

Se realizó un conteo de los tallos principales en todas las repeticiones.

e) Diámetro de tallos

A los 45 días se evaluó a nivel de los tallos principales, con la ayuda de un instrumento (pie de rey), se seleccionó al azar un tallo principal de cada planta, sus resultados se expresan en milímetros.

f) Altura de planta.

Se procedió a tomar las medidas en centímetros desde el nivel del suelo hasta la yema apical, esta actividad fue realizada en todas las unidades experimentales con la ayuda de un fluxómetro.

g) Número de inflorescencias a los 80 días.

A los 80 días se procede a realizar un conteo de las inflorescencias en cada una de las plantas.

h) Rendimiento en peso de tubérculos por planta.

Se cosecho a los 161 días posteriores a la siembra y se clasifico por calibre según la escala presentada en el cuadro 16 y se expresó en gramos/planta.

Cuadro 16. Clasificación por calibre para cada categoría.

Categoría	Dimensión
Gruesa/primera	mayor a 100 g
Redroja/segunda	70 a 100 g
Redrojilla/tercera	40 a 70 g
Fina/cuarta	menor a 40 g

Fuente: (Pusimacho & Velásquez, 2009)

i) Numero de tubérculos por planta

De cada planta se contabilizo el número de tubérculos y se expresó en número de tubérculos por planta de cada categoría y total por planta.

j) Análisis de conteo de microorganismos totales en placa.

En el momento de la cosecha fueron tomadas muestras de suelo para realizar un conteo de microorganismos totales, con el fin de determinar el número de estos en cada tratamiento, después del ciclo de cultivo.

Se realizó una cuenta en placa en donde se determinó el número de microorganismos en una muestra en relación a las colonias que forman (UFC) presentes en un gramo o mililitro de muestra. Se empleó

diluciones de una muestra concentrada para que cada colonia formada provenga de un solo microorganismo. Se pesó 10 g de cada muestra, luego se homogenizó en solución diluyente, posteriormente se realizaron disoluciones decimales hasta obtener $1/10^3$.

k) Costos de producción.

Los costos se calcularon en base a los egresos e ingresos durante el desarrollo de la investigación, determinando de tal manera el tratamiento más rentable, y establecer una relación costo-beneficio.

3.5.6 MÉTODOS DE MANEJO DEL EXPERIMENTO.

3.5.6.1 *Materiales y equipos*

a) Materiales de Campo.

- Semilla de papa variedad “súper chola”
- Macetas de 50 kg de capacidad
- Biofertilizantes: micorrizas (micorrizas Agrodiagnostic), fosfotico (complejo bacteriano solubilizador de fósforo)
- Compost
- Fertilizantes edáficos N P K
- Biol producción local
- Fundas plásticas
- Rótulos.
- Bomba de fumigación manual de 20 litros de capacidad.
- Balanza digital micrométrica
- Regaderas
- Baldes
- Carretilla
- Termómetro
- Calibrador pie de rey
- Termómetro
- Esfero / lápiz

- b) Equipo de Oficina
 - Computadora
 - Flash Memory
 - Calculadora
 - Cámara fotográfica

3.5.6.2 Procedimiento.

a) Análisis de suelo

Se tomó una muestra de suelo del lote 4 de la Finca San Francisco de la UPEC, debido a que esta superficie fue el sustrato que se utilizó en la investigación.

b) Preparación del sustrato

Se procedió a tomar el suelo del lote mencionado anteriormente a una profundidad de 25 cm aproximadamente, posteriormente se lo trasladó al invernadero para ser preparado y utilizado en los tratamientos.

c) Instalación del ensayo

Se estableció un ensayo en invernadero con papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Superchola, en macetas de 50 kg de capacidad, siguiendo un diseño en bloques completos al azar, donde se distribuyeron el complejo de bacterias solubilizadoras de fósforo, las micorrizas y el compost, en comparación con la fertilización química. Se procedió a llenar las macetas con una cantidad requerida de cada sustrato. En el fondo de cada maceta se colocó pedazos de teja con la finalidad de tener un buen drenaje.

d) Siembra

Se la efectuó en forma manual, previa una selección y clasificación de los tubérculos semilla, se colocó un tubérculo de papa variedad Superchola por cada maceta. Se clasificaron los tubérculos semilla por peso en gramos con la ayuda de una balanza digital y por número de ojos, de lo cual se analizó y determinó que los tubérculos de 130 g son

los más adecuados por la frecuencia que tuvieron previa a una selección de semilla y por lo tanto fueron las que se utilizaron.

e) Fertilización

Se realizó una fertilización correspondiente conforme a cada tratamiento en función de lo recomendado de acuerdo al análisis de suelo y en el caso de los microorganismos la dosis que recomienda el fabricante para evaluar el efecto de estos como alternativas de fertilización.

La fuente de fósforo que se utilizaron corresponde a fosfato diamónico y los inóculos que contuvieron micorrizas y un complejo de bacterias solubilizadoras de fósforo para aprovechar el fósforo bloqueado del suelo.

Para el testigo químico por cada maceta se tuvo que aplicar 3 g de (46-0-0), 4.06 g de (0-0-60) y 7.53 g de (18-46-0), mezcla física.

f) Riego de las plántulas.

Se utilizó una regadera para asegurar que la cantidad de agua vertida sea igual para todas las macetas. El riego se realizó cada dos días en horas de la tarde.

g) Retape

Esta labor fue realizada a los 20 días posteriores a la siembra con la finalidad de aplicar los inóculos y el fertilizante químico conforme a cada tratamiento.

h) Medio aporque.

El medio aporque se lo efectuó a los 20 días en el cual se colocó la segunda aplicación de los inóculos respectivamente a cada tratamiento y el fertilizante en el testigo químico.

i) Aporque.

El aporque se lo efectuó a los 90 días después de la siembra y también se cumplió la correspondiente toma de datos de cada tratamiento sobre el número de tallos.

j) Cosecha.

Fue realizada en forma manual a los 161 días después de la siembra, con el fin de analizar el rendimiento y calidad de la producción, estableciendo la clasificación de los tubérculos en categorías de primera, segunda y tercera.

3.6 PROCESAMIENTO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

3.6.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

3.6.1.1 Porcentaje de emergencia de plantas.

En los datos tomados referente a la emergencia se determinó que no existe una diferencia significativa entre los tratamientos; por ende se presenta una interpretación gráfica con los promedios. (Figura 4)

La mayoría de los tratamientos emergieron al 100% a excepción del T1 (testigo absoluto) y T2 (compost), con un valor del 75%, debido a que dos plantas no emergieron por pudrición de semilla, las mismas que fueron remplazadas a momento del retape a los 20 días posteriores a la siembra. Esto posiblemente se debe a que en estos dos sustratos tierra y compost no presentan un buen drenaje y por otra parte los tubérculos - semilla no fue previamente desinfectado por tratarse la investigación con productos biológicos.

El resultado es homogéneo puesto que todos los tratamientos tuvieron las mismas condiciones de temperatura, ya que existe una relación entre la emergencia y la temperatura media del suelo a la profundidad que se encuentra el tubérculo, siendo óptimo el rango de 22 a 25 ° C Gallegos, et al (2011)

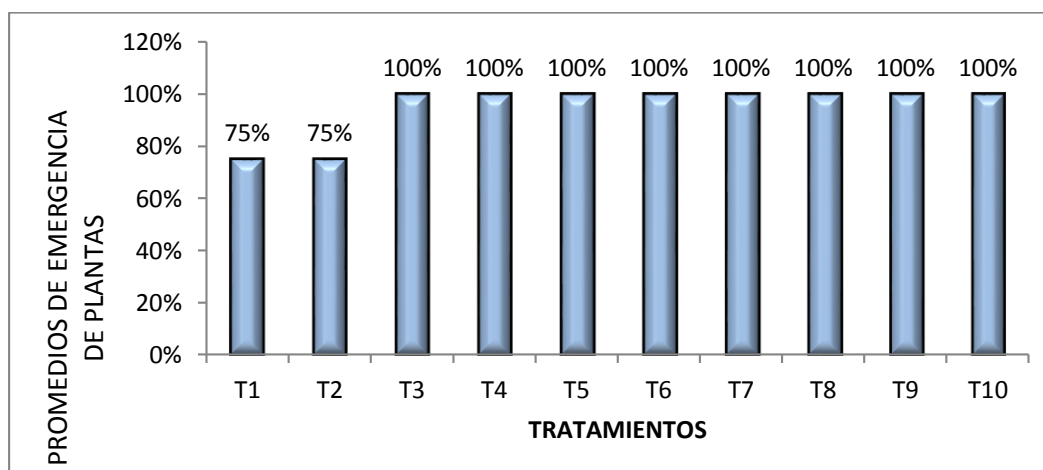


Figura 4. Emergencia de plantas (%) a los 30 días post siembra

3.6.1.2 Alturas de planta (cm) a los 50 días después de la siembra.

Una vez analizado el ADEVA del crecimiento de las plantas a los 50 días (cuadro 17), se estableció que existe una diferencia significativa en los tratamientos, por lo tanto se procede a una interpretación de la gráfica (Figura 5).

Cuadro 17. ADEVA para altura de planta (cm) a los 50 días después de la siembra.

F.V	SC	GL	CM	F. cal	F. Tab 5%	F. Tab 1%
Total	5442	39				
Bloque	348,2	3	116,07	1,13 ns	2,92	4,51
Trat.	2329	9	258,78	2,53 *	2,21	3,07
Error.	2764,8	27	102,4			
CV:	18,40%					
Media	55,00					

** = Altamente significativo * = Diferencia significativa; ns = no significativo.

De acuerdo a la interpretación de los datos en la altura de planta se puede determinar que el tratamiento T9 es el mejor (tierra + micorrizas) puesto que adquirió valores de 63 cm, siguiéndole el T6 (tierra + compost + micorrizas) con 62,75 cm, tratamiento T7 (tierra + c + fosfotico + micorrizas) 62,75 cm.

En donde se asume que esto se debe al efecto de las micorrizas, debido a que estas ayudan un buen desarrollo de raíces y a un libre flujo de nutrimentos hacia las plantas. Camargo, et al. (2012)

Por otro lado resultados obtenidos por Cepeda M. (2008), el desarrollo de las raíces para algunos tratamientos fue favorecido por la inoculación de las bacterias solubilizadoras de fósforo, lo cual se manifestó en un mayor crecimiento de la parte aérea de las plantas de maíz.

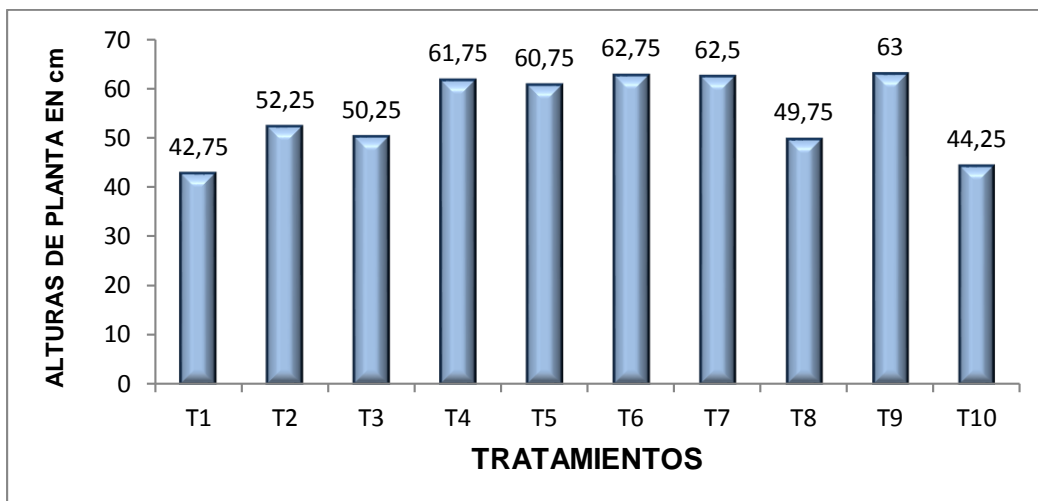


Figura 5. Alturas de planta (cm) a los 50 días después de la siembra.

3.6.1.3 Alturas de planta (cm) a los 80 días después de la siembra.

Luego de realizar el ADEVA correspondiente (cuadro 18), se determina que, no existe una diferencia significativa en los tratamientos. Razón por la cual se procede a realizar la interpretación gráfica (Figura 6).

Cuadro 18. ADEVA para altura de planta (cm) a los 80 días después de la siembra.

F.V	SC	GL	CM	F. cal	F. Tab 5%	F. Tab 1%
Total	1691,5	39				
Bloque	216,9	3	72,3	1,88 ns	2,92	4,51
Trat.	435,5	9	48,39	1,26 ns	2,21	3,07
Error.	1039,1	27	38,49			
CV:	7,78%					
\bar{X}	79,75					

** = Altamente significativo * = Diferencia significativa; ns = no significativo.

Realizando una interpretación gráfica de la altura de planta se puede determinar que el tratamiento T6 es el mejor (tierra + compost + micorrizas) puesto que adquirió valores de 84,5 cm, siguiéndole el T7 (tierra + compost + fosfotico + micorrizas) con 83,75 cm T9 (tierra + micorrizas) con 83,25 cm,

Las micorrizas incrementa el tamaño de las plantas de papa, en comparación con las no tratadas (Testigo absoluto), esto concuerda con los resultados obtenidos por Almeida. J (2014) en donde menciona que las micorrizas tienen efecto sobre el aumento en el tamaño de las plantas y en el área foliar.

Se plantea que esto se debe al efecto positivo de las micorrizas en mejorar la longitud y densidad de raíces, debido a que el hongo desarrolla micelio por sitios donde la raíz no puede llegar, y además la red de micelio genera, un libre flujo de nutrimentos hacia las plantas hospederas y entre las raíces de las plantas interconectadas. Camargo, et al. (2012).

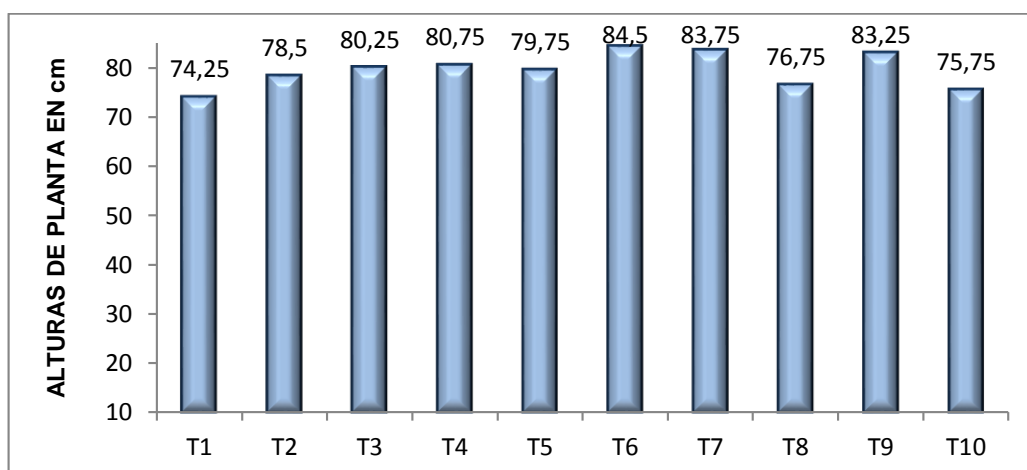


Figura 6. Alturas de planta (cm) a los 80 días después de la siembra.

3.6.1.4 Número de tallos a los 50 días después de la siembra.

Para la variable número de tallos a los 50 días después de la siembra. Luego de haber realizado el ADEVA correspondiente (cuadro 19) se determinó que no existe una diferencia significativa en los tratamientos, por lo cual es importante realizar el análisis gráfico (Figura 7).

Cuadro 19. ADEVA para número de tallos a los 50 días después de la siembra.

F.V	SC	GL	CM	F. cal	F. Tab 5%	F. Tab 1%
Total	139,6	39				
Bloque	3,8	3	1,27	0,3 ns	2,92	4,51
Trat.	21,6	9	2,4	0,57 ns	2,21	3,07
Error.	114,2	27	4,23			
CV:	34,86%					
Media	5,90					

** = Altamente significativo * = Diferencia significativa; ns = no significativo.

El mayor número de tallos se encuentra en el tratamiento 9 (tierra + micorrizas) donde el promedio fue de 7,5 tallos/planta, mientras que el menor promedio lo obtuvo el T1 (tierra) con un valor de 4,8 tallos/planta. La diferencia puede deberse a que este tratamiento carece de una fuente de fertilización lo que produjo la emergencia de brotes menos vigorosos, limitando así el desarrollo de tallos.

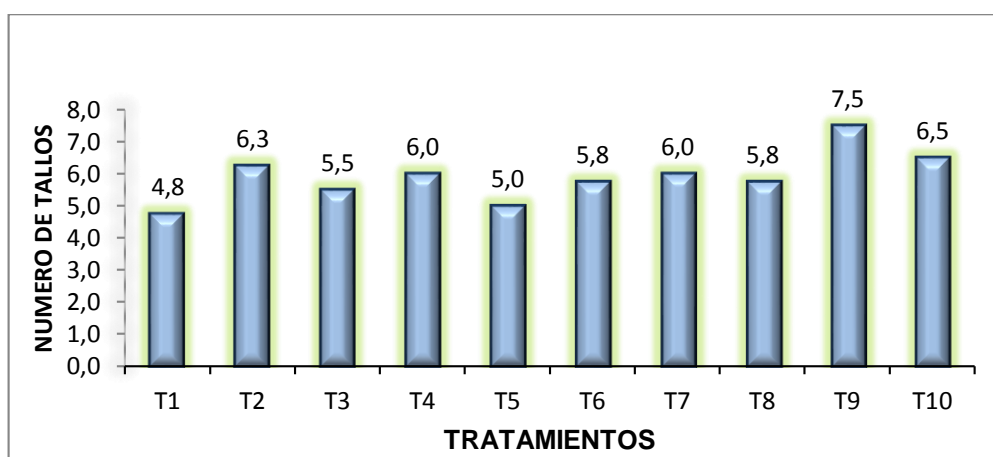


Figura 7. Número de tallos a los 50 días después de la siembra

3.6.1.5 Diámetro de tallo a los 45 días después de la siembra.

En el análisis de varianza (Cuadro 20), observamos que no existe diferencia estadística significativa para tratamientos en diámetro de tallo a los 45 días después de la siembra. El coeficiente de variación en esta

medición es de 22,04 %, con un promedio del experimento de 1,035 cm / tallo.

Cuadro 20. ADEVA para diámetro de tallo a los 45 días después de la siembra.

F.V	SC	GL	CM	F. cal	F. Tab 5%	F. Tab 1%
Total	2,16	39				
Bloque	0,107	3	0,036	0,692 ns	2,92	4,51
Trat.	0,637	9	0,071	1,365 ns	2,21	3,07
Error.	1,416	27	0,052			
CV:	22,04%					
\bar{X}	1,035 cm					

** = Altamente significativo * = Diferencia significativa; ns = no significativo.

En la Figura 8 observamos los promedios de los tratamientos, en donde no existe diferencia significativa, por cuanto el tratamiento que registro mayor diámetro de tallo fue el T9 (tierra + micorrizas), con 1,23 cm/ tallo, mientras que el T10 (tierra + fosfotico + micorrizas) con el menor promedio 0,85 cm/ tallo.

Se asume que el fosfotico (complejo microorganismos solubilizadores de fósforo) necesita de una enmienda orgánica como el compost para tener un efecto positivo, a diferencia de las micorrizas que presentan un efecto positivo sin necesidad de una enmienda. Se sustenta en que el compost puede tener la capacidad de amortiguamiento por la retención de humedad que presenta, lo que proporcionaría a los microorganismos protección ante condiciones desfavorables.

Por otro lado, la aplicación única de fosfotico y micorrizas se ve disminuido el efecto normal sobre las plantas. Este efecto se explica ya que los productos biológicos poseen múltiples mecanismos. Por cuanto Aguado (2012) manifiesta que, la formulación de biofertilizantes compuestos que sean efectivos en campo requiere la realización de minuciosos estudios para conocer y entender los requerimientos nutricionales y ambientales para que estos sean compatibles y sinérgicos en cuanto a sus efectos sobre las variables agronómicamente en los cultivos, en campo o invernadero.

De igual manera Aguado (2012) precisa que, las micorrizas funcionan mejor en suelos con bajas concentraciones de nutrientes y que la fertilización química, particularmente la fosfatada, reduce su eficiencia, sin embargo, el empleo de bacterias y hongos solubilizadores de fósforo ha sido una práctica agrícola común en Rusia que ha dado buenos resultados.

Por lo anterior se considera importante, realizar estudios a fin de determinar la compatibilidad de los microorganismos a aplicar ya que se puede encontrar antagonismos entre algunos de estos de uso potencial en la agricultura.

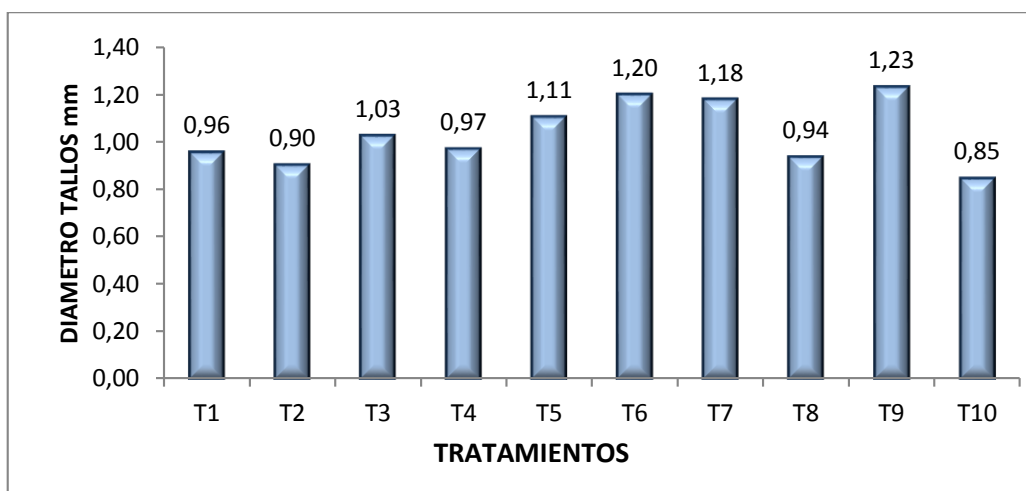


Figura 8. Diámetro de tallo a los 45 días después de la siembra

3.6.1.6 Diámetro de tallo a los 80 días después de la siembra.

Para la variable de diámetro de tallo tampoco se encontró diferencias estadísticas, por lo que se reportan promedios (Figura 9), se observó que el tratamiento con mayor promedio fue el T6 (tierra + compost + micorrizas), con 1,34 cm/tallo, mientras que el T10 (tierra + fosfotico + micorrizas) con el menor promedio 1,04 cm/ tallo.

Estos datos se atribuyen a que las micorrizas mejoran la absorción de agua y nutrientes (CORPOICA, s.f), las plantas con micorrizas y compost presentaron mayor grosor de tallo, esto puede deberse a que el compost

incrementa y favorece el desarrollo de la actividad biológica del suelo (O'Ryan & Rifo, 2007).

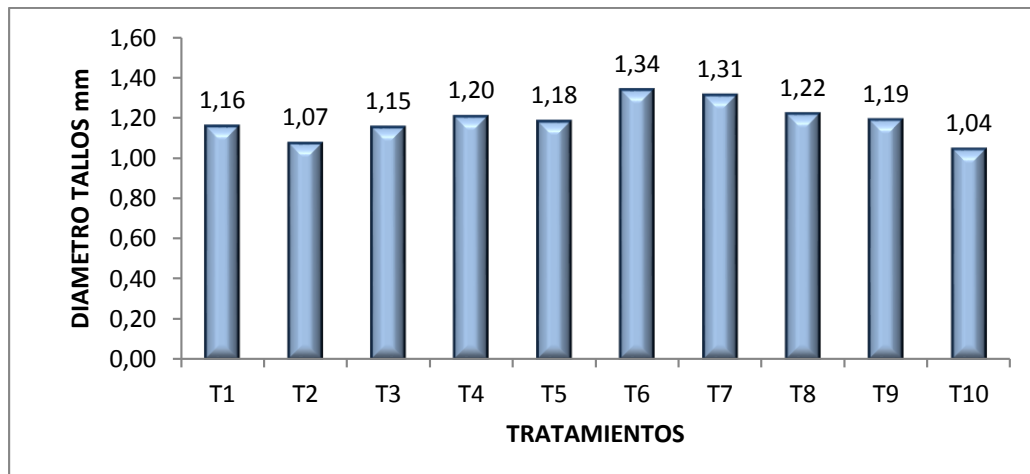


Figura 9. Diámetro de tallo a los 80 días después de la siembra

3.6.1.7 Número de inflorescencias a los 80 días después de la siembra.

Los datos tomados concernientes al número de inflorescencias se observó que no existe una diferencia estadística significativa por lo cual se puede afirmar que los tratamientos son iguales estadísticamente, por lo cual se procede a realizar una interpretación gráfica (Figura 9).

De acuerdo a la interpretación de los datos concernientes al número de flores a los 80 días de la siembra, se observó que el tratamiento con mayor promedio fue el T7 (tierra + compost + fosfotíc + micorrizas), mientras que el menor promedio presento el T1 (testigo absoluto) con valores de 1,5 flores/planta.

Este resultado se puede atribuir a que el fosfotíc, las micorrizas y el compost acelerar los procesos microbianos, de manera que en el suelo se aumenten las cantidades de nutrientes a ser asimilados por las plantas los que influyen sobre el desarrollo y el rendimiento de los cultivos (Ferrera, 2000).

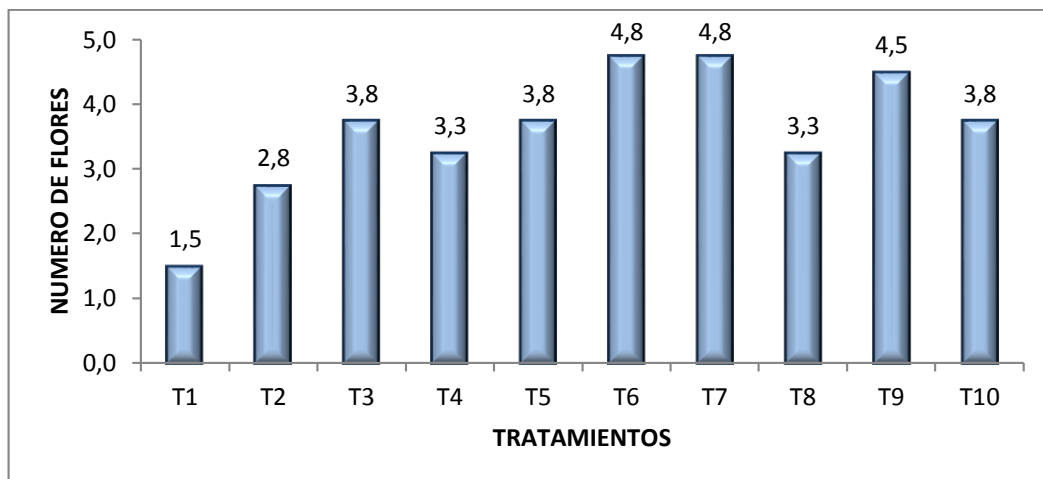


Figura 10. Número de flores a los 80 días después de la siembra.

3.6.1.8 Rendimiento de cosecha en gramos/planta a los 161 días después de la siembra

En el análisis de varianza se observa que no existe diferencia estadística significativa entre tratamientos (Cuadro 21). El coeficiente de variación para la variable rendimiento en cosecha g/planta es de 22,99 %. De acuerdo a la interpretación grafica (Figura 10).

Cuadro 21. ADEVA para rendimiento de cosecha cultivo de papa en g/planta a los 161 días después de la siembra.

F.V	SC	GL	CM	F. cal	F. Tab 5%	F. Tab 1%
Total	1086782,59	39				
Bloque	34497,07	3	11499,02	0,51 ns	2,92	4,51
Trat.	441604,43	9	49067,16	2,17 ns	2,21	3,07
Error.	610681,09	27	22617,82			
CV:	22,99%					
Media:	654,12					

** = Altamente significativo * = Diferencia significativa; ns = no significativo.

El mejor resultado lo adquirió el tratamiento T7 (tierra + compost+ fosfotico + micorrizas) presenta 816.48 g/planta y se destaca con los otros tratamientos, el T1 (testigo absoluto) registró el más bajo rendimiento con 479 ,08 g/planta; el T3 (Testigo químico) presenta un rendimiento de 587,78 g/planta.

Por otro lado, el rendimiento de los tubérculos de papa depende de la calidad de semilla y del manejo agronómico (fertilización, fitosanidad, riego, labores culturales) y de factores climáticos no controlados como (heladas, exceso o escasez de lluvias, calor)

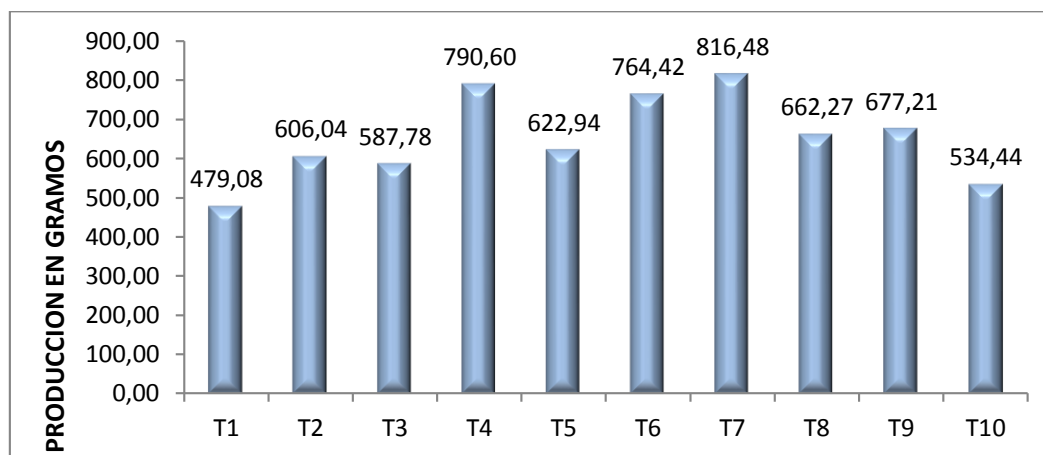


Figura 11. Rendimiento de cosecha en gramos/planta a los 161 días después de la siembra

3.6.1.9 Rendimiento de cosecha en gramos/planta categoría primera.

Para rendimiento de cosecha en gramos/planta categoría primera, en el análisis de varianza, cuadro 22, se observó una diferencia altamente significativa entre los tratamientos, por tanto hubo que proceder a realizar la prueba de Tukey al 5% para prescribir el mejor tratamiento (Figura 11). El promedio general fue de 354,245 y un coeficiente de variación de 38,71%.

Cuadro 22. ADEVA para rendimiento de cosecha en gramos/planta categoría primera.

F.V	SC	GL	CM	F. cal	F. Tab 5%	F. Tab 1%
Total	1187088,866	39				
Bloque	18274,389	3	6091,463	0,324 ns	2,92	4,51
Trat.	661140,231	9	73460,026	3,907 **	2,21	3,07
Error.	507674,246	27	18802,75			
CV:	38,709%					
Media	354,245					

** = Altamente significativo * = Diferencia significativa; ns = no significativo.

El análisis estadístico bajo la prueba de medias de Tukey al 5% (cuadro 23), observamos que en la categoría de papas de primera, sobresale aquel que tenía fosfotico, micorrizas y compost (T7) con 503,89 g/planta, ubicándose en el rango A, en tanto que el menor lo obtuvo el Tratamiento T1 (testigo absoluto) con 134,77 g/planta. Estos datos se atribuyen a que los biofertilizantes incrementan el número de microorganismos en el medio y acelerar los procesos microbianos, de tal forma que se aumenten las cantidades de nutrientes que pueden ser asimilados por las plantas los que influyen sobre el desarrollo y el rendimiento de los cultivos (Ferrera, 2000).

El ineficiente aprovechamiento de los fertilizantes químicos por las plantas. (Aguado, 2012), y la alta capacidad de fijación de fósforo de los Andisoles, (Jacobsen & Sherwood, 2002), pudo limitar la producción para el T3 (testigo químico).

Se nota una marcada diferencia en producción total y producción categoría primera, en los tratamientos (Figura 11). En los tratamientos T1 (testigo absoluto) y T2 (compost), fue escaso el rendimiento de tubérculos de categoría primera.

Por otro lado el tratamiento T7 (tierra + compost + fosfotico + micorrizas) presenta un promedio de 503,89 g/planta, en tanto el T3 (testigo químico) obtuvo promedio de 372,05 g/planta, por lo cual se puede inferir que es posible utilizar una biofertilización sin afectar la productividad, al observar comportamientos estadísticamente iguales, en donde únicamente difieren el T1 (testigo absoluto) y el T2 (compost) con 135,77 y 153,12 g/planta respectivamente.

El empleo de biofertilizantes (conocidos también en sentido amplio como bioinoculantes o inoculantes microbianos) para aumentar la productividad de los cultivos está considerado como una de las contribuciones más importantes de la biotecnología y la microbiología a la agricultura moderna. (Aguado Santacruz, 2012)

Los biofertilizantes constituyen una alternativa viable para reducir costos de producción y el impacto ambiental asociado a la fertilización química. Esta tecnología permite incrementar el valor agregado y rendimiento de los cultivos de 17% a 50%, mejorando la fertilidad del suelo y reduciendo las poblaciones de microorganismos nocivos para los cultivos. (Aguado Santacruz, 2012)

Cuadro 23. TUKEY 5% para el rendimiento de cosecha g/planta categoría primera

Tratamientos	Medias (g/planta)	Tukey
T7	503,89	A
T4	490,78	A
T6	478,8	A B
T8	425,74	A B C
T9	401,95	A B C
T3	372,05	A B C
T5	337,18	A B C
T10	244,17	A B C
T2	153,12	B C
T1	134,77	C

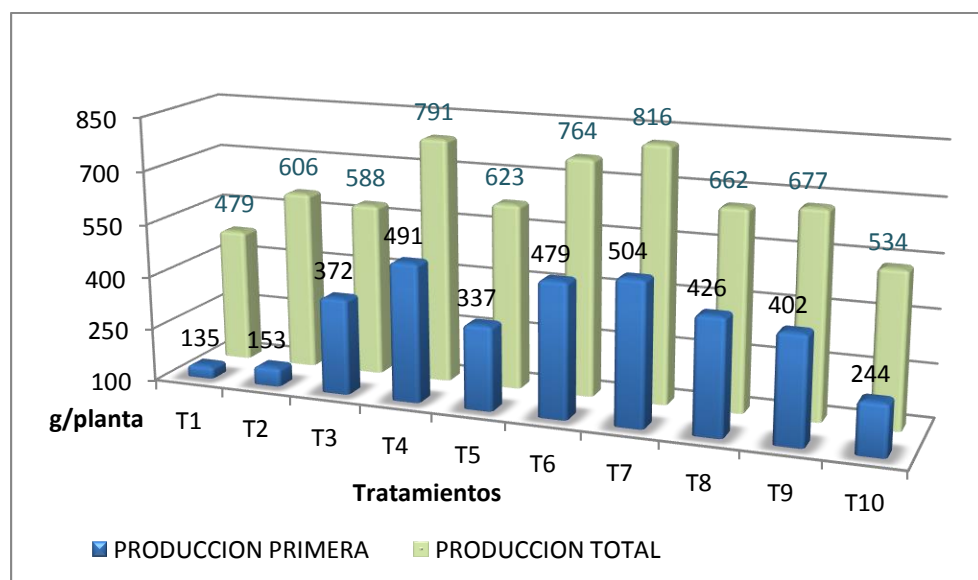


Figura 12. Rendimiento de cosecha g/planta categoría primera vs total

3.6.1.10 Número tubérculos categoría primera

En el ADEVA (cuadro 24) se observa que existen diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos. El coeficiente de variación para el número de tubérculos por planta en la categoría primera es de 28,62%, este es alto puesto que en algunas repeticiones de los tratamientos T1 (testigo) y T2 (compost) no se presentó tubérculos de categoría primera debido a la falta de fertilizante.

Cuadro 24. ADEVA para número tubérculos/planta categoría primera

F.V	SC	GL	CM	F. cal	F. Tab 5%	F. Tab 1%
Total	110,37	39				
Bloque	3,67	3	1,22	0,99 ns	2,92	4,51
Trat.	73,62	9	8,18	6,65 **	2,21	3,07
Error.	33,08	27	1,23			
CV:	28,62%					
\bar{X}	3,88					

** = Altamente significativo * = Diferencia significativa; ns = no significativo.

En el análisis estadístico bajo la prueba de medias de Tukey al 5% (Cuadro 25) observamos que para número tubérculos/planta entre tratamientos, (Cuadro 13) presentó 4 rangos; El tratamiento T4 (tierra + compost) y T6 (tierra + compost + micorrizas) con promedio de 5 tubérculos/planta, se ubicó en el rango "A" con un valor 5 tubérculos/planta, mientras que los tratamiento T1 (tierra) y T2 (compost) se ubicaron en el rango "D" con valores de 1,25 y 1,5 tubérculos/planta respectivamente; los otros tratamientos se ubicaron en rangos intermedios.

En donde se asume que esto se debe al efecto del fósforo sobre el rendimiento y tamaño del tubérculo, ya que estos dos tratamientos posiblemente tuvieron deficiencia de este macro nutriente.

La falta de fósforo produce una disminución de la productividad de los vegetales (Sanzano, 2006), el fósforo (P), es un macronutriente esencial

para el crecimiento y el desarrollo de los organismos vivos, es un elemento fundamental de los ácidos nucleicos, fosfolípidos y enzimas (Karandashov & Bucher, 2005). El rendimiento final del cultivo de papa, depende de la tasa de crecimiento de los tubérculos (kg/ha/día) y del largo del periodo de crecimiento de los mismos.

Cuadro 25. Tukey 5% para número tubérculos/planta categoría primera

Tratamientos	Medias (tubérculos/planta)	Tukey
T4	5	A
T6	5	A
T7	5	A B
T8	4,75	A B
T9	4,75	A B C
T5	4,25	A B C
T3	4	A B C D
T10	3,25	A B C D
T2	1,5	D
T1	1,25	D

3.6.1.11 *Conteo microorganismos totales UFC. /g o ml diluc. 10⁻³ (Agar Nutriente)*

En el ADEVA (cuadro 26) se observa que existen diferencias estadísticas en los tratamientos. El coeficiente de variación para la variable conteo de microorganismos totales es de 24,3%.

Cuadro 26. ADEVA para conteo de microorganismos totales

F.V	SC	GL	CM	F. cal	F. Tab 5%	F. Tab 1%
Total	25489,7	39				
Bloque	3616,9	3	1205,6	2,9 ns	2,9	4,5
Trat.	10575,1	9	1175	2,8 *	2,2	3,1
Error.	11297,7	27	418,4			
CV:	24,3%					
Media	84,2					

** = Altamente significativo * = Diferencia significativa; ns = no significativo.

En la prueba de Tukey al 5% para conteo de microorganismos totales (Agar Nutriente), (Cuadro 27) presentó 2 rangos; El tratamiento T2 (compost), se ubicó en el rango "A" con un valor de 119,68 UFC 10^{-3} , mientras que los tratamientos T3 (testigo químico) y T1 (tierra) se ubicaron en el rango "B" con un valores de 62,68 y 65,08 UFC 10^{-3} respectivamente; los otros tratamientos se ubicaron en rangos intermedios.

La mayor cantidad de UFC fue hallada en el T2 (compost), correspondiente a 119,68 UFC 10^{-3} , lo que indicaría que esto pudo deberse a que los microorganismos presentan la característica de combatir a agentes patógenos, ya que en este tratamiento se pudo observar tubérculos con daños por carbón de la papa (*Thecaphora solani B*). Por otro lado el T3 (testigo químico) obtuvo el menor porcentaje de microorganismos totales, pudiendo atribuirse a los efectos negativos que tienen los fertilizantes de síntesis química sobre la actividad microbiana del suelo.

Los tratamientos que difirieron estadísticamente con las menores concentraciones de UFC son los testigos T1 (tierra) T3 (fertilizante), por lo cual se puede inferir mediante este indicador que puede ser favorable el crecimiento y supervivencia de microorganismos solubilizadores de fosfato y micorrizas en suelos Andisoles.

La inoculación de plantas con microorganismos que disminuyen la dependencia de agroquímicos es una alternativa biotecnológica real y particularmente atractiva para incrementar la productividad de los cultivos. (Aguado Santacruz, 2012)

Cuadro 27. Tukey 5% para conteo de microorganismos totales (Agar Nutriente)

Tratamientos	Medias	
	UFC. / g o mL diluc. 10 ⁻³	Tukey
T2	119,68	A
T5	98,02	A B
T9	92,72	A B
T6	91,72	A B
T4	84,60	A B
T8	78,00	A B
T10	76,82	A B
T7	72,25	A B
T1	65,08	B
T3	62,68	B

3.6.2 RELACIÓN COSTO – BENEFICIO.

En el cuadro 28 se presenta el análisis económico de cada uno de los tratamientos evaluados, se observa que el tratamiento T7 (fosfotico + micorrizas + compost), manifiesta una relación costo/beneficio de 1,53 dólares, lo que indica que, habría un beneficio de 0,53 dólares por cada unidad invertida, seguido del tratamiento T4 (compost + micorrizas) 1,40 dólares, mientras que la rentabilidad más baja es para el tratamiento T1 (testigo absoluto), cuyo costo-beneficio (B/C) es de 0,62 USD.

Cuadro 28. Relación Costo–Beneficio de cada tratamiento.

Tratamientos	Costo Total cada/tratamiento (\$)	Producción (kg/ha)	Venta (\$)	Utilidad (\$)	Costo/Beneficio (\$)
T1	2830	10443,89	4595,31	\$1.765,31	\$0,62
T2	3010	13211,62	5813,11	\$2.803,11	\$0,93
T3	3301	12813,66	5638,01	\$2.336,85	\$0,71
T4	3010	16444,53	7235,59	\$4.225,59	\$1,40
T5	3050	13580,04	5975,22	\$2.925,22	\$0,96
T6	3050	16664,25	7332,27	\$4.282,27	\$1,40
T7	3090	17799,21	7831,65	\$4.741,65	\$1,53
T8	2870	14437,38	6352,45	\$3.482,45	\$1,21
T9	2870	14763,12	6495,77	\$3.625,77	\$1,26
T10	2910	11650,68	5126,30	\$2.216,30	\$0,76

Los datos en el cuadro 29 muestran los costos de producción de una hectárea de papa a partir de las labores realizadas en el experimento. Los costos se extrapolaron del experimento haciendo relación a densidad de siembra para la variedad Superchola 21,800 plantas/hectárea, de acuerdo al MAGAP (2014).

Para el análisis de costos las únicas diferencias entre los sistemas de producción fue la fertilización. Como se puede evidenciar todos los costos son los mismos a excepción de los costos de fertilización, estos estuvieron representados por los inherentes a cada una de los biofertilizantes empleados y sus combinaciones.

Cuadro 29. Costos de producción de una hectárea de papa / alternativas de fertilización.

ACTIVIDAD	Tecnología	Unidad	Cantidad	COSTO U.	COSTO T.
Análisis suelo	Análisis completo		1	42	42
Preparación del suelo	tractor	Horas	8	26	208
Semilla	Superchola	Kg	1500	0,44	660
Labores culturales	Rascadillo, medio aporque, aporque	jornal	35	12	420
Control fitosanitario	Lancha (biol)	L	20	15	300
Cosecha	Manual	jornal	60	20	1200
Total				87,44	2830
Fertilización química					
DETALLES		Unidad	Cantidad	COSTO U.	COSTO T.
Muriato de potasio		qq	4,49	20	89,8
18-46-00		qq	8,32	38	316,16
Urea		qq	3,26	20	65,2
Microelementos					
Total					471,16
Fertilización alternativa					
DETALLES		Unidad	Cantidad	COSTO U.	COSTO T.
Fosfotíc		L	2	20	40
Micorrizas		L	2	20	40
Compost		Saco/40kg	30	6	180
Total					260

3.7 VERIFICACIÓN DE HIPOTESIS.

Luego de realizar el análisis estadístico y la respectiva interpretación de datos se establece que existe una diferencia significativa entre los tratamientos en cuanto a rendimiento de la cosecha del cultivo de papa variedad súper chola.

Por lo tanto es posible considerar que utilizando microorganismos solubilizadores de fósforo, micorrizas y compost, en condiciones semicontroladas mejoran la productividad del cultivo de papa (*Solanum tuberosum L.*), consiguiendo una agricultura sustentable optimizando recursos y mejorando la producción.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES.

En cuanto al Comportamiento Agronómico, la combinación tierra, compost y micorrizas (T6), fue el que demostró mayor promedio en altura de planta con 84.5 cm y diámetro de tallos con 1,34 cm/tallo.

El mayor rendimiento de peso de tubérculos se obtuvo con el tratamiento T7 (tierra + compost + fosfotico + micorrizas), el cual presentó 816,48 g/planta promedio, frente al testigo químico T3 (tierra + fertilizante) que alcanzo 587,78 g/planta y el testigo absoluto (tierra) con el más bajo rendimiento de 479,08 g/planta.

Los tratamientos con las menores concentraciones de UFC fueron los que no contenían inoculo, T1 (tierra) y T3 (fertilizante), por lo cual se puede inferir mediante este indicador que puede ser favorable el crecimiento y supervivencia de microorganismos solubilizadores de fósforo y micorrizas en suelos Andisoles.

Los biofertilizantes fosfotico (complejo de bacterias solubilizadoras de fósforo) y micorrizas en dosis de 5cc / L agua, disminuyen costos de producción sin afectar el rendimiento del cultivo de papa atribuyéndose a que estos pueden aprovechar el fósforo no soluble que se encuentra en el suelo.

Según el análisis financiero el tratamiento T7 (tierra + compost + fosfotico + micorrizas) manifiesta la relación costo/beneficio de 1,53 dólares, lo que indica que, por cada dólar invertido y recuperado, habría un beneficio de 0,53 dólares.

4.2. RECOMENDACIONES

Continuar con investigaciones para obtener información del potencial que tendrán estos biofertilizantes en otras condiciones. Así mismo realizar estudios complementarios en base a los resultados obtenidos en este ensayo, aplicando otros biofertilizantes y dosis de aplicación.

La alternativa de fertilización fosfotica (complejo de bacterias solubilizadoras de fósforo), micorrizas y compost, produjo el mayor número y peso de tubérculos; se recomienda realizar investigaciones en condiciones ambientales.

Realizar investigaciones sobre el manejo nutricional del cultivo reduciendo la fertilización química complementándola con fosfotica y micorrizas dentro de un programa de manejo integrado, con la finalidad de disminuir los costos de producción, incrementar los rendimientos, conservar el equilibrio del ecosistema y producir alimentos más sanos para el consumidor.

Por otro lado deberá considerarse que ciertos microorganismos que actúan bien en un ambiente y cultivo específicos, no necesariamente funcionarán adecuadamente para el mismo cultivo en otro contexto ambiental. Se asume que las micorrizas funcionan mejor en suelos con bajas concentraciones de nutrientes y que la fertilización química, particularmente la fosfatada, reduce su eficiencia. (Aguado Santacruz, 2012)

BIBLIOGRAFÍA

- Agronotas, E. (2006). El ciclo del fosforo en el suelo. *agronotas*, 1-10.
- Aguado Santacruz, G. A. (2012). *introduccion al uso y manejo de los biofertilizantes en la agricultura*. Guanajuato: CIRCE-INIFAP.
- Aveiga, A. M. (2011). *Tesis: Evaluación del efecto de dos tipos de fertilización en los rendimientos del cultivo de papa (Solanum tuberosum) en Pichincha – Ecuador*. Quito: Universidad San Francisco De Quito .
- Bertsch, F. (2003). *La fertilidad de sus suelos y su manejo*. San Jose Costa Rica: ACCS.
- Biofabrica siglo XXI. (13 de Noviembre de 2014). *Fertilizantes químicos usos y consecuencias en la agricultura y a la salud*. Obtenido de <http://www.biofabrica.com.mx/blog/?p=1228>
- Blasco, M. (1970). *Microbiologia de Suelos*. Turrialba: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas.
- Bobadilla, C., & Rincón, S. (Junio de 2008). *Aislamiento y Produccion de Bacterias Fosfato Solubilizadoras a partir de Compost*. Bogotá.
- Bolaños Méndez , A. F. (2015). *Tesis: Evaluación de diferentes orígenes de semilla de papa (Solanum tuberosum L.) provenientes de tres sistemas de producción en dos localidades de la sierra ecuatoriana*. Quito: Universidad Central del Ecuador – Facultad de Ciencias Agrícolas.
- Boschetti, G. N., & Quintero, C. E. (s.f.). *www.fertilizando.com*. Recuperado el 05 de febrero de 2015, de Biblioteca de fertilidad y fertilizantes en español: <http://www.fertilizando.com/articulos/Importancia>
- Bungcam, V. E. (2003). *Guia Para Compostaje y Manejo de Suelos*. Bogota: Convenio Andres Bello.
- Bures, S. (2011). *manejo de sustratos*. Obtenido de www.juntadeandalucia.es: http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/consolidado/publicacione_sdigitales
- Camargo Ricalde, S. L., et al. (01 de julio de 2012). *Micorrizas: una gran unión debajo del suelo*. Recuperado el 15 de Enero de 2016, de [www.revista.unam:](http://www.revista.unam.mx/vol.13/num7/art72/art72.pdf)
<http://www.revista.unam.mx/vol.13/num7/art72/art72.pdf>

- Cepeda, M. V. (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*. Sangolquí: Escuela Politécnica del Ejército - Departamento de Ciencias de La Vida.
- Compostadores. (20 de diciembre de 2012). *Los nutrientes en el compost*. Recuperado el agosto de 2016, de <http://www.compostadores.com/buscador?g=nutrientes+en+el+compost>
- CORPOICA. (s.f). *LAS MICORRIZAS: Una Opcion Sostenible de Manejo de Suelos y Nutricion de Plantas*. Centro de Investigacion Palmira. Bogota: Produmedios.
- Cortez, M. R., & Hurtado, G. (2002). *Guía Técnica Cultivo de La Papa*. Salvador: s.r.
- Devaux, A., Ordilona, M., Hibon, A., & Flores, R. (2010). *El sector papa en la región andina: diagnostico y elementos para una visión estratégica (Bolivia, Ecuador y Perú)*. Lima: Centro Internacional de la Papa.
- EcuRed. (2013). *EcuRed conocimientos con todos y para todos* . Obtenido de <http://www.ecured.cu/Biofertilizantes>
- Facultad de Ciencias Agropecuarias – Universidad Nacional de Córdoba. (2014). *Sistemas de Producción de Cultivos Intensivos*. Obtenido de <http://www.agro.unc.edu.ar/~cultivosintensivos/wp-content/uploads/2013/08/capitulo2.pdf>
- FAO. (2002). *los fertilizantes y su uso*. Recuperado el 25 de julio de 2016, de www.fao.org: <http://www.fao.org/3/a-x4781s.pdf>
- FAO. (2008). *Nueva luz sobre un tesoro enterrado*. Roma.
- Fassbender, H. W. (1983). *Suelos y Sitemas de Produccion Agroforestales*. Turrialba: Catie.
- Ferrera, A. A. (2000). Biofertilizantes: Importancia y Utilización en la Agricultura. En *Agricultura Técnica en México* (págs. p. 191-203). México.
- Gallegos, P., Montenegro, F., Falconí, C., & Velas. (2011). *El Cultivo de Papa*. Quito: Edifarm.
- Gonzáles, H. F. (01 de Enero de 2011). *Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible*. Obtenido de Contaminación Por Fertilizantes: "Un serio problema ambiental":

<http://fgonzalesh.blogspot.com/2011/01/contaminacion-por-fertilizantes-un.html>

Grupo de Diálogo Provincial de Carchi en el marco del Programa de Articulación de Redes Territoriales (ART). (2013). *Carchi Prioridades Para el Desarrollo Agenda 2013 - 2020*. Tulcan: Articulación de Redes Territoriales (ART) del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

Guevara, M. (2010). *Aislamiento e identificación de Microorganismos solubilizadores de potasio a partir de muestras de suelo y raíces de Cultivos de alcachofa*. CAYAMBE.

Harley, J. &. (1997). *Mycorrhizal symbiosis. Academic, Londres.* Londres : Academic Londres.

Hernández, F. (s,f). *Productividad en la Agricultura*. Obtenido de http://www.agro-tecnologia-tropical.com/productividad_agricultura.php

Huarte, M., & Capezio, S. B. (s.f.). Obtenido de Unidad Integrada Balcarce INTAFCA: http://inta.gob.ar/documentos/manual-cultivo-de-papa-5/at_multi_download/file/INTA_Cultivo_de_papa_Huarte_Capezio.pdf

Ibáñez, J. (2011). Un Universo Libre Bajo Nuestros Pies . *Un Lugar para la Ciencia y la Tecnología* .

INIAP, E. (2007). *"Manual Agrícola de los principales cultivos del Ecuador"*. QUITO.

Jacobsen, E., & Sherwood, S. (2002). *Cultivo de granos andinos en Ecuador: informe sobre los rubros quinua, chocho y amaranto*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Centro Internacional de la Papa (CIP).: Catholic Relief Services (CRS). ISBN: 9978-22-258-8.

Karandashov, V., & Bucher, M. (2005). *Symbiotic phosphate transport in arbuscular mycorrhizas*. TRENDS in Plant Science.

Khasawneh, F. (2003). Teh Role Of Phosphorus In Agriculture. *American Society Of Agronomy, Crop Science Of America*, 1-10.

Kpombekou, K., & Tabatabai, M. (1994). *"Effect of organic acids on release of phosphorus from phosphate rocks."*. Soil Science 158: 442–453.

- MAGAP. (2012). *Ministerio de Agricultura Ganaderia Acuacultura y Pesca* .
Obtenido de <http://sinagap.agricultura.gob.ec/productos/costos-de-produccion>
- MAGAP. (2013). *El cultivo de papa en Ecuador y planes de mejora, v congreso ecuatoriano de la papa*. Quito: cipotato.
- MAGAP. (2014). *Elaboracion, uso y manejo de abonos organicos*. Quito, Ecuador.
- Mundo Pecuario. (2010). *saber.ula.ve*. Recuperado el 20 de Enero de 2015, de <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/31337/1/articulo4.pdf>
- Muñoz, A. (viernes de abril de 2010). *Manejo Cultivo de Papa*. Recuperado el sabado de agosto de 2015, de www.agrytec.com
- Narváez, E. F., & Soria, T. D. (2010). *Producción de papa. Estudio de Prefactibilidad*. Recuperado el sabado de marzo de 2015, de <http://www.monografias.com/trabajos89/produccion-de-papa/produccion-de-papa.shtml>.
- O'Ryan, H. J., & Riffo, P. M. (2007). *El Compostaje y su utilizacion en la agricultura*. Santiago, Chile: salviat impresiones.
- Oviedo, M., & Iglesias, M. (2005). *Utilización de bacterias solubilizadoras de fósforo*. Argentina: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE.
- Prokopenko, J. (1989). *La Gestion de la Productividad Manual práctico* . Ginebra: Copyright.
- Pusimacho, M., & Sherwood, s. (2002). *El Cultivo de la Papa en el Ecuador*. Quito: INIAP-CIP.
- Pusimacho, M., & Velásquez, J. (2009). *Manual de cultivo de papa para pequeños productores*. Quito: INIAP-COSUDE .
- Quero, G. E., & Cardenas.V. (2007). *Nuevas Tecnologías Para Incrementar La Produccion Agricola*. Teucorapan-Mexico.
- Randy, N., & Weil, R. (2000). *The Nature And Properties Of Soils. Prentice Halla Inc New Jersey*, 1-10.
- Revista El Agro. (29 de 04 de 2015). *Productividad de la papa aumentó en 9TM*. Obtenido de *Revista El Agro sirviendo al desarrollo agroindustrial*: <http://www.revistaelagro.com/2015/04/29/productividad-de-la-papa-aumento-en-9tm/>

- Rodas, P. (2006). *La Aricultura y Microorganismos: Una Vision Sustentable Para el Manejo de los Suelos*. España.
- Rodríguez, H., & Fraga, R. (1999). *Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion*. Biotechnology Advances.
- Sanzano, A. (2006). *El Fosforo en el Suelo*. Recuperado el 4 de FEBRERO de 2014, de <http://www.edafo.com.ar/Descargas/Cartillas/Fosforo>
- Suquilanda, M. (2009). *Produccion Organica de Cultivos Organicos Andinos* . Quito.
- T.P. AGRO S.A.S. (2014). *T.P. AGRO agro eco eficiencia*. Obtenido de sin productividad no hay desarrollo: <http://www.tpagro.com/espanol/productividad.htm>
- Thompson, L. (2008). *Los Suelos y su Fertilidad*. España: REVERTE.
- Torres, L., & et al. (abril de 2011). *International Potato Center*. Obtenido de Agricultural research for development: <http://cipotato.org/region-quito/informacion/inventario-de-tecnologias/manejo-de-fertilizacion-en-el-cultivo-de-papa/>
- Usuga, C., Castañeda, D., & Franco, A. (2007). *Multiplicacion de hongos micorrizados arbusculares y efecto en plantas de banano micropropagadas (Musa CAA) GRAN ENANO Musaceae*. ECUADOR.
- Vargas, C. A. (2007). *Estudio de 2 Grupos de Microorganismos como Agentes Aceleradores de Descomposición de los Desechos Sólidos Orgánicos Originados en los Comedores de ESPOL*. Guayaquil, Guayas, Ecuador: ESPOL.
- Vargas, S. (2012). *Microorganismos solubilizadores de fosfato en suelos*. Bucaramanga.
- Villalobos, L. (2000). *Cultivo de Papa*. San Jose Costa Rica: EUNED.
- Yépez, P. M. (2013). *Análisis socioeconómico comparativo de la producción de papa entre agricultores asociados e independientes en el cantón Montúfar, provincia del Carchi*. Carchi: Universidad Técnica del Norte. Facultad de Ciencias Administrativas y Económicas. Carrera de Ingeniería en Economía, Mención Finanzas.

ANEXOS

Anexo 1 RECURSOS ECONÓMICOS EMPLEADOS EN LA INVESTIGACIÓN

DETALLES	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO U.	COSTO T.
PERPETRACIÓN DEL SUSTRATO				
Compost	Qq	20	6	120
Trasporte tierra	Viaje	1	10	10
Mano de obra	J	2	11	22
SUBTOTAL				142
INSTALACION DEL ENSAYO				
Macetas	unidades	40	15	600
Letreros	unidades	40	0,40	16
Flexómetro	M	1	2,6	2.6
Mano de obra	J	3	11	33
Transporte	Carrera	1	3	3
SUBTOTAL				654.6
SIEMBRA Y TRATAMIENTOS				
Micorrizas	L	1	20	20
Fosfotíc	L	1	20	20
semilla	Kg	1	20	20
Siembra	J	1	11	11
Trasporte	Viaje	1	3	3
Fertilizante 18 -46 -00	G	30,12	0,0011	0,032
Muriato de potasio	G	16,24	0,0008	0,013
urea	G	12	0,0007	0,009
SUBTOTAL				74,05
LABORES CULTURALES				
Manejo del cultivo				
Riego	J	3	11	33
retape	J	2	11	22
Medio aporque	J	2	11	22
Transporte	Viaje	1	3	3
Control fitosanitario				
Biol	L	2	8	16
SUBTOTAL				96
MATERIALES Y EQUIPOS				
Flexómetro	unidades	1	0.8	0.8
Cuadernos y libretas	unidades	1	2	2
Termómetro	unidades	1	14	14
Calibrador (pie de rey)	unidades	1	18	18
Regadera	unidades	1	20	20
SUBTOTAL				54
GASTOS BIBLIOGRAFICOS				
Gastos consumo Internet	Mes	12	20	240
Tinta	unidades	4	8	32
SUBTOTAL				272
VISITAS Y TOMA DE DATOS				
Movilización	pasajes	2	53	106
SUBTOTAL				106
SUB- COSTO TOTAL				1389,65
IMPREVISTO 10 %				138,96
COSTO TOTAL				\$ 1528,61

FUENTE: Investigación realizada
ELABORADO POR: Narváez, F.(2015)

Anexo 2 ANÁLISIS DE SUELO

AGROBIOLAB		Informe de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y E.C.P.																									
LABORATORIO DE ENSAYO, BAJO LA NORMA INTERNACIONAL ISO 17025 Gonzalo Zaldumbide N49-204 y Luis Calisto Urb. Dammer 2 (El Inca) Telfs: (593-2) 241-2383 241-2385 Fax: (593-2) 241-3312 Quito - Ecuador Página Web: www.clinica-agricola.com E-mail: agrobiolab@clinica-agricola.com																											
SUELOS																											
Datos del Cliente		Referencia	Interpretación																								
Cliente : CENTRO EXPERIMENTAL SAN FRANCISCO Prop / Dir : CENTRO EXPERIMENTAL SAN FRANCISCO Cultivo : PAPA Ingreso : 06/05/2015 **Ensayo : 11/05/2015 No. Lab. : Desde : 148686 Hasta : 148686		No. Doc.: 48788 Emisión: 15/05/2015 Impreso: 15/05/2015 Página: 1 de 2	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <tr> <th style="text-align: center;">Textura</th> <th style="text-align: center;">Elementos</th> <th style="text-align: center;">pH</th> </tr> <tr> <td>Boul, S.W. 1973</td> <td>INIAP, Inf.Téc.1975</td> <td>Knott, J.E. 1982</td> </tr> <tr> <td>Fco = Franco</td> <td>B = Bajo</td> <td>Ac = Acido</td> </tr> <tr> <td>Arc = Arcilloso</td> <td>M = Medio</td> <td>LAc= Lig. Acido</td> </tr> <tr> <td>As = Arenoso</td> <td>S = Suficiente</td> <td>Pn = Prac. Neutro</td> </tr> <tr> <td>Li = Limoso</td> <td>A = Alto</td> <td>LAI = Lig. Alcalino</td> </tr> <tr> <td>Are = Arena</td> <td>E = Exceso</td> <td>AI = Alcalino</td> </tr> <tr> <td>Fca = Franca</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Textura	Elementos	pH	Boul, S.W. 1973	INIAP, Inf.Téc.1975	Knott, J.E. 1982	Fco = Franco	B = Bajo	Ac = Acido	Arc = Arcilloso	M = Medio	LAc= Lig. Acido	As = Arenoso	S = Suficiente	Pn = Prac. Neutro	Li = Limoso	A = Alto	LAI = Lig. Alcalino	Are = Arena	E = Exceso	AI = Alcalino	Fca = Franca		
Textura	Elementos	pH																									
Boul, S.W. 1973	INIAP, Inf.Téc.1975	Knott, J.E. 1982																									
Fco = Franco	B = Bajo	Ac = Acido																									
Arc = Arcilloso	M = Medio	LAc= Lig. Acido																									
As = Arenoso	S = Suficiente	Pn = Prac. Neutro																									
Li = Limoso	A = Alto	LAI = Lig. Alcalino																									
Are = Arena	E = Exceso	AI = Alcalino																									
Fca = Franca																											

Nombre : LOTE 4

No. Lab. : 148686 Profund (cm): 0-20

*pH	*C. E. mmhos/cm	*M. O. %	*NH4 ppm	P ppm	K meq/100ml	Ca meq/100ml	Mg meq/100ml	*Na meq/100ml	CICE meq/100ml
6.00LAC	0.24B	12.52A	76.10A	8.30M ± 1.32	0.51A ± 0.09	10.48E ± 1.88	1.86A ± 0.31	0.03B	12.88M
Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm	*B ppm	*SO4 ppm	Ca/Mg R1	Mg/K R2	Ca+Mg/K R3	
3.60S ± 0.72	506.80E ± 149.76	9.90M ± 2.67	4.50M ± 1.71	0.01B	4.10E	51.19A	5.63E	3.64A	24.19E

Símbolo decimal = (.)

Los valores con incertidumbre (+-) están calculados con un nivel de confianza del 95% (k=2)

<L.C. = Valor menor al Límite de Cuantificación

Métodos: pH 1:2.5 H2O; C.E., Na: Pasta saturada; M.O.: Walkley and Black; Al+H: Olsen Modificado B: Fosfato Monocálcico; NH4,NO3, SO4:Colorimetr

Métodos Valorados: Ca: PEE/ABL/01; Mg: PEE/ABL/02; P: PEE/ABL/03, K: PEE/ABL/04; Zn, Cu, Fe, Mn: PEE/ABL/05

Nota: Los ensayos marcados con (*), no tienen aun valores de incertidumbre.

**Fecha Inicial de Ensayo; La Fecha Final de Ensayo es cuatro días laborables a partir de la Fecha Inicial de Ensayo.

Resultados corresponden a muestras analizadas, si se va a fotocopiar hacer del documento total.

Dr. Washington A. Padilla G, Ph.D

Director del Laboratorio

¡SU EXITO ES NUESTRO!

GRUPO CLINICA AGRICOLA - BIOAGROTECSA

CALCULO DE FERTILIZACION EN PAPA CON EL USO DE FUENTES SIMPLES Y COMPUESTAS

Nombre del Propietario: Centro experimental San Francisco	No.Documento: 48788	Fecha: 18-may-2015
Nombre de la Hacienda: Centro experimental San Francisco	Fecha: 18-may-2015	Lote No: Lote 1
Extensión del Lote: 1 (has.)		

Nombre de la fórmula	Fórmula a ser usada	Dosis sugeridas a ser aplicadas																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th colspan="2" style="text-align: center;">Productos</th></tr> <tr><td>Urea</td></tr> <tr><td>DAP</td></tr> <tr><td>Muriato de potasio</td></tr> <tr><td>Fórmula Compuesta</td></tr> </table>	Productos		Urea	DAP	Muriato de potasio	Fórmula Compuesta	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>46-0-0</td></tr> <tr><td>18-46-0</td></tr> <tr><td>0-0-60</td></tr> <tr><td>Microelementos</td></tr> </table>	46-0-0	18-46-0	0-0-60	Microelementos	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th colspan="2" style="text-align: center;">Sacos 50 kg/ha</th></tr> <tr><td>3.26</td><td>Al medio aporque</td></tr> <tr><td>8.32</td><td>50 % retape y 50% medio aporque</td></tr> <tr><td>4.49</td><td>50% retape y 50% medio aporque</td></tr> <tr><td>0.50</td><td>Al medio aporque</td></tr> </table>	Sacos 50 kg/ha		3.26	Al medio aporque	8.32	50 % retape y 50% medio aporque	4.49	50% retape y 50% medio aporque	0.50	Al medio aporque
Productos																						
Urea																						
DAP																						
Muriato de potasio																						
Fórmula Compuesta																						
46-0-0																						
18-46-0																						
0-0-60																						
Microelementos																						
Sacos 50 kg/ha																						
3.26	Al medio aporque																					
8.32	50 % retape y 50% medio aporque																					
4.49	50% retape y 50% medio aporque																					
0.50	Al medio aporque																					

Complementar la fertilización al suelo con aplicaciones balanceadas via foliar.

Las cantidades a ser usadas de los fertilizantes son las que se indican en la última columna de la derecha, expresados en sacos de 50 kg por hectárea. Antes de la siembra, aplicar 50% del fósforo, tapar y colocar la semilla y volver a tapar. Al retape aplicar el otro 50%.

Preparado por:

Técnico especialista

Anexo 3 PESAJE Y SELECCIÓN DE SEMILLA



FUENTE: Investigación realizada
ELABORADO POR: Narváez, F. (2015)

Anexo 4 PREPARACIÓN Y LLENADO DEL SUSTRATO



FUENTE: Investigación realizada
ELABORADO POR: Narváez, F. (2015)

Anexo 5 SIEMBRA DE LOS TUBÉRCULOS SEMILLA



FUENTE: Investigación realizada
ELABORADO POR: Narváez, F. (2015)

Anexo 6 VISTA GENERAL DEL ENSAYO INSTALADO DESPUÉS DE LA SIEMBRA



FUENTE: Investigación realizada
ELABORADO POR: Narváez, F. (2015)

Anexo 7 EMERGENCIA DE LAS PRIMERAS PLANTAS T8, T7



FUENTE: Investigación realizada
ELABORADO POR: Narváez, F. (2015)

Anexo 8. MEDICIÓN DEL AGUA PARA LOS INÓCULOS (FOSFOTIC, MICORRIZAS) Y PESAJE DEL FERTILIZANTE



FUENTE: Investigación realizada
ELABORADO POR: Narváez, F. (2015)

Anexo 9. APLICACIÓN DE INÓCULOS (fosfotíc, micorrizas) Y FERTILIZANTE QUÍMICO EN LOS RESPECTIVOS TRATAMIENTOS.



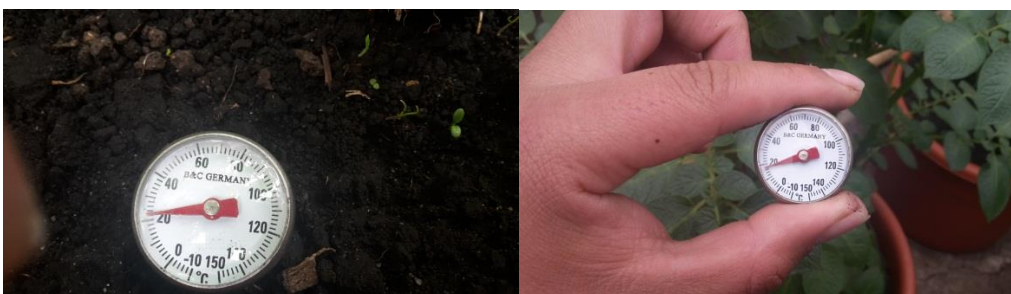
FUENTE: Investigación realizada
ELABORADO POR: Narváez, F. (2015)

Anexo 10. PRODUCTOS EMPLEADOS: COMPLEJO DE MICROORGANISMOS SOLUBILIZADORES DE FÓSFORO (FOSFOTIC) Y MICORRIZAS



FUENTE: Investigación realizada
ELABORADO POR: Narváez, F. (2015)

Anexo 11. TOMA DE LA TEMPERATURA DEL SUELO Y AMBIENTE SEMICONTROLADO



FUENTE: Investigación realizada
ELABORADO POR: Narváez, F. (2015)

Anexo 12. TOMA DE DATOS DE CADA UNA DE LAS VARIABLES (altura de planta, diámetro tallos)



FUENTE: Investigación realizada
ELABORADO POR: Narváez, F. (2015)

Anexo 13. APORQUE



FUENTE: Investigación realizada
ELABORADO POR: Narváez, F. (2015)

Anexo 14. ETAPAS FENOLÓGICAS DEL ENSAYO



FUENTE: Investigación realizada
ELABORADO POR: Narváez, F. (2015)

Anexo 15. EVALUACIÓN DEL ESTADO DEL CULTIVO



FUENTE: Investigación realizada
ELABORADO POR: Narváez, F. (2015)

Anexo 16. COSECHA, CLASIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN



FUENTE: Investigación realizada
ELABORADO POR: Narváez, F. (2015)

Anexo 17 PESAJE DEL RENDIMIENTO DE TUBÉRCULOS



FUENTE: Investigación realizada
ELABORADO POR: Narváez, F. (2015)

Anexo 18 PRODUCCIÓN DE TRATAMIENTOS T7, T3 Y T1



FUENTE: Investigación realizada
ELABORADO POR: Narváez, F. (2015)

Anexo 19 MUESTRA DE SUELO Y CONTEO DE MICROORGANISMOS TOTALES



FUENTE: Investigación realizada
ELABORADO POR: Narváez, F. (2015)