

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 1 de 7

FECHA miércoles, 24 de enero de 2018

Señores
UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
BIBLIOTECA
Ubaté

UNIDAD REGIONAL	Seccional Ubaté
TIPO DE DOCUMENTO	Trabajo De Grado
FACULTAD	Ciencias Agropecuarias
NIVEL ACADÉMICO DE FORMACIÓN O PROCESO	Pregrado
PROGRAMA ACADÉMICO	Administración Agropecuaria

El Autor(Es):

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS	No. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN
Gómez García	Andrés José	1071168324

Director(Es) y/o Asesor(Es) del documento:

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS
López Castro	Gloria

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 2 de 7

TÍTULO DEL DOCUMENTO
EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN ORGÁNICA E INORGÁNICA, SOBRE LA PRODUCTIVIDAD EN EL CULTIVO DE PAPA CRIOLLA (<i>Solanum phureja</i>), EN LA FINCA SANTO DOMINGO - MUNICIPIO DE LA CALERA – CUNDINAMARCA.

SUBTÍTULO (Aplica solo para Tesis, Artículos Científicos, Disertaciones, Objetos Virtuales de Aprendizaje)

TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Aplica para Tesis/Trabajo de Grado/Pasantía
Administrador agropecuario

AÑO DE EDICIÓN DEL DOCUMENTO	NÚMERO DE PÁGINAS
06/12/2017	106

DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS (Usar 6 descriptores o palabras claves)	
ESPAÑOL	INGLÉS
1. Fertilizante bocashi	Bocashi fertilizer
2. Humus de lombriz	Earthworm Humus
3. Fertilizante 15-15-15	Fertilizer 15 - 15 - 15
4. <i>Solanum phureja</i>	<i>Solanum phureja</i>

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 3 de 7

RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS
(Máximo 250 palabras – 1530 caracteres, aplica para resumen en español):

Esta investigación se realizó con el fin de evaluar el efecto de la aplicación de dos fertilizantes orgánicos (bocashi (FB) y humus de lombriz (TL)) y uno inorgánico (15-15-15 (TQ)), en el cultivo de papa criolla (*Solanum Phureja*) variedad criolla Colombia, en la finca Santo Domingo, ubicada en La Calera - Cundinamarca. Durante la fase experimental se aplicó una fertilización al momento de la siembra y otra 45 días después en el aporque, utilizando las siguientes cantidades: 100g de humus de lombriz, 100g de bocashi y 40g de 15-15-15 en las dos aplicaciones. Las variables que se midieron durante la investigación fueron: a) tamaño de tubérculo, b) rendimiento del cultivo, c) costos de producción.

El resultado más alto en cuanto a tamaño grueso y parejo lo obtuvo el tratamiento TI con 158 y 45 tubérculos respectivamente, mientras el valor más elevado para el ríche fue obtenido por el tratamiento FB con 41 unidades. Para la variable rendimiento del cultivo el tratamiento TI obtuvo el mayor promedio de tubérculos/planta (tb/pl.) con 11.25 tubérculos y la mayor producción esperada por hectárea con 21,9 t/ha. Sin embargo, estadísticamente no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos FB y TI.

Los costos de producción fueron iguales para los tres tratamientos a excepción del costo de fertilización, donde el tratamiento más económico fue el FB con un costo de \$ 11.306.954,00, pero en cuanto a rentabilidad, el mejor tratamiento fue el TI obteniendo un porcentaje de 18,6 seguido por el FB con 17,8.

AUTORIZACION DE PUBLICACIÓN

Por medio del presente escrito autorizo (Autorizamos) a la Universidad de Cundinamarca para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre mí (nuestra) obra las atribuciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que, en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autoriza a la Universidad de Cundinamarca, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad; así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado una alianza, son:

Marque con una "X":

AUTORIZO (AUTORIZAMOS)	SI	NO
1. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer.		X
2. La comunicación pública por cualquier procedimiento o medio físico o electrónico, así como su puesta a disposición en Internet.		X

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 4 de 7

3. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previa alianza perfeccionada con la Universidad de Cundinamarca para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones.		X
4. La inclusión en el Repositorio Institucional.	X	

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso mi (nuestra) obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

Para el caso de las Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, de manera complementaria, garantizo(garantizamos) en mi(nuestra) calidad de estudiante(s) y por ende autor(es) exclusivo(s), que la Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi(nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro (aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de mí (nuestra) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaré (continuaremos) conservando los correspondientes derechos patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, "Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Universidad de

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 5 de 7

Cundinamarca está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

NOTA: (Para Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía):

Información Confidencial:

Esta Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de la investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado. **SI ___ NO X.**

En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos), en carta adjunta tal situación con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

LICENCIA DE PUBLICACIÓN

Como titular(es) del derecho de autor, confiero(erimos) a la Universidad de Cundinamarca una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, por un plazo de 5 años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho patrimonial del autor. El autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito. (Para el caso de los Recursos Educativos Digitales, la Licencia de Publicación será permanente).

b) Autoriza a la Universidad de Cundinamarca a publicar la obra en formato y/o soporte digital, conociendo que, dado que se publica en Internet, por este hecho circula con un alcance mundial.

c) Los titulares aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.

d) El(Los) Autor(es), garantizo(amos) que el documento en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi (nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro(aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros;

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 6 de 7

respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos es de mí (nuestro) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

e) En todo caso la Universidad de Cundinamarca se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.

f) Los titulares autorizan a la Universidad para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

g) Los titulares aceptan que la Universidad de Cundinamarca pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.

h) Los titulares autorizan que la obra sea puesta a disposición del público en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en el "Manual del Repositorio Institucional AAAM003"

i) Para el caso de los Recursos Educativos Digitales producidos por la Oficina de Educación Virtual, sus contenidos de publicación se rigen bajo la Licencia Creative Commons: Atribución- No comercial- Compartir Igual.



j) Para el caso de los Artículos Científicos y Revistas, sus contenidos se rigen bajo la Licencia Creative Commons Atribución- No comercial- Sin derivar.



Nota:

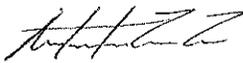
Si el documento se basa en un trabajo que ha sido patrocinado o apoyado por una entidad, con excepción de Universidad de Cundinamarca, los autores garantizan que se ha cumplido con los derechos y obligaciones requeridos por el respectivo contrato o acuerdo.

La obra que se integrará en el Repositorio Institucional, está en el(los) siguiente(s) archivo(s).

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 7 de 7

Nombre completo del Archivo Incluida su Extensión (Ej. PerezJuan2017.pdf)	Tipo de documento (ej. Texto, imagen, video, etc.)
1. EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN ORGÁNICA E INORGÁNICA, SOBRE LA PRODUCTIVIDAD EN EL CULTIVO DE PAPA CRIOLLA (<i>Solanum phureja</i>), EN LA FINCA SANTO DOMINGO - MUNICIPIO DE LA CALERA - CUNDINAMARCA.	TEXTO

En constancia de lo anterior, Firmo (amos) el presente documento:

APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS	FIRMA (autógrafo)
Gómez García Andrés José	

12.1.50

**EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN ORGÁNICA E INORGÁNICA, SOBRE LA
PRODUCTIVIDAD EN EL CULTIVO DE PAPA CRIOLLA (*Solanum phureja*), EN
LA FINCA SANTO DOMINGO - MUNICIPIO DE LA CALERA - CUNDINAMARCA**

Trabajo de grado para optar al título de Administrador Agropecuario

ANDRÉS JOSÉ GÓMEZ GARCÍA

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE ADMINISTRACIÓN AGROPECUARIA**

UBATÉ

2017

**EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN ORGÁNICA E INORGÁNICA, SOBRE LA
PRODUCTIVIDAD EN EL CULTIVO DE PAPA CRIOLLA (*Solanum phureja*), EN
LA FINCA SANTO DOMINGO - MUNICIPIO DE LA CALERA - CUNDINAMARCA**

ANDRÉS JOSÉ GÓMEZ GARCÍA

GLORIA LÒPEZ CASTRO

Directora

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA SECCIONAL UBATÉ

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

PROGRAMA DE ADMINISTRACION AGROPECUARIA

UBATÉ

2017

Nota de aceptación

Director de trabajo de grado

Jurado

Jurado

Contenido

1. RESUMEN	11
2. ABSTRACT.....	12
3. INTRODUCCION.....	14
4. OBJETIVOS	16
Objetivo general.....	16
Objetivos específicos	16
5. MARCO TEORICO	17
5.1 Características botánicas.....	20
5.2 Clasificación taxonómica de la papa criolla	20
5.2.1 Parte aérea.....	21
5.2.2 Parte subterránea.....	22
5.3 Ecofisiología	23
5.4 Manejo agronómico	23
5.5 Requerimientos nutricionales.....	28
5.5.1 Fertilización.	29
5.6. Fertilización orgánica.....	30
5.6.1 Humus de lombriz.....	34
5.6.2 Parámetros técnicos del proceso:	37

	5
5.6.3 Fertilizante bocashi	40
5.6.4 Principales variables a considerar en la elaboración del abono Bocashi:	41
5.7 Fertilización inorgánica.	45
5.7.1 Fertilizante 15-15-15.....	45
6. DISEÑO METODOLÓGICO.....	48
6.2. Delimitación temporal y geográfica.....	48
6.3. Universo y Muestra.....	49
6.4. Diseño Experimental.....	49
6.4.1. Modelo Estadístico.....	49
6.4.2. Descripción de los tratamientos	50
6.4.3. Unidad Experimental	52
6.4.4. Distribución de los tratamientos	53
6.4.5. Croquis de Campo.....	53
6.4.6. Establecimiento del experimento en Campo.....	54
6.5. Manejo del Experimento.....	55
6.5.1. Preparación de los Fertilizantes	55
6.5.2 Preparación del suelo.	59
6.5.2.1. Siembra	62
6.5.2.2. Control de malezas.....	62
6.5.2.3. Fertilización	63

6.5.2.4. Riego.....	64
6.5.2.5. Prevención y Control sanitario.....	64
6.5.2.6. Cosecha.....	64
6.5.3. Selección de Variables.....	65
6.5.4. Metodología para determinar Análisis Económico.....	65
6.5.5. Metodología para determinar rentabilidad.....	66
6.5.6. Metodología para el cálculo de Rentabilidad.....	66
6.6. APLICACIÓN DE FERTILIZANTES.....	67
7. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	70
8. CONCLUSIONES.....	83
9. RECOMENDACIONES.....	84
10. BIBLIOGRAFIA.....	85

Lista de tablas

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la papa criolla	20
Tabla 2. Clasificación taxonómica de la lombriz roja californiana (<i>Eisenia foetida</i>).....	35
Tabla 3. Tratamientos aplicados	51
Tabla 5. Costos de producción de papa criolla (<i>Solanum phureja</i>) utilizando fertilizante bocashi por hectárea.....	76
Tabla 6. Costos de producción de papa criolla (<i>Solanum phureja</i>) utilizando fertilizante 15-15-15 por hectárea.....	78
Tabla 7. Costos de producción de papa criolla (<i>Solanum phureja</i>) utilizando humus de lombriz por hectárea	80

Lista de ilustraciones

Ilustración 1. Rendimiento de papa (t/ha) en función de diferentes abonos orgánicos	44
Ilustración 2. Resultados del ensayo comercial de fertilización de la papa en suelos sulfatados ácidos de Boyacá	48
Ilustración 3. Municipio de La Calera - Cundinamarca.....	53
Ilustración 4. Vereda Buenos Aires Bajo, finca Santo Domingo, La Calera - Cundinamarca	54
Ilustración 5. Fertilizante 15-15-15.....	59
Ilustración 6. <i>Polygonum nepalense meisn</i>	63

Lista de fotografías

Fotografía 5. Pesaje de materia prima para la producción del humus de lombriz	56
Fotografía 6. Lombriz roja californiana (<i>Eisenia foetida</i>).	56
Fotografía 7. Materias primas listas para ser mezcladas.....	57
Fotografía 8. Bocashi preparado	58
Fotografía 2. Preparación del terreno.....	60
Fotografía 3. División del terreno por surcos	61
Fotografía 4. Surcos terminados	61
Fotografía 9. Aplicación del fertilizante 15-15-15	67
Fotografía 10. Aplicación del humus de lombriz.....	68
Fotografía 11. Aplicación de bocashi	69

Lista de graficas

Grafica 1. Comparación por tamaño del número de tubérculos producidos por cada tratamiento.	71
Grafica 2. Número de tubérculos producidos por tratamiento.....	72
Grafica 3. Rendimiento de papa por tratamiento.	73
Grafica 4. Comparación por calidad del peso de tubérculos producidos por cada tratamiento extrapolado a una hectárea.....	74
Grafica 5. Promedio kg/planta entre tratamientos	75

1. RESUMEN

Esta investigación se realizó con el fin de evaluar el efecto de la aplicación de dos fertilizantes orgánicos (bocashi (FB) y humus de lombriz (TL)) y uno inorgánico (15-15-15 (TQ)), en el cultivo de papa criolla (*Solanum Phureja*) variedad criolla Colombia, en la finca Santo Domingo, ubicada en La Calera - Cundinamarca. Durante la fase experimental se aplicó una fertilización al momento de la siembra y otra 45 días después en el aporque, utilizando las siguientes cantidades: 100g de humus de lombriz, 100g de bocashi y 40g de 15-15-15 en las dos aplicaciones. Las variables que se midieron durante la investigación fueron: a) tamaño de tubérculo, b) rendimiento del cultivo, c) costos de producción.

El resultado más alto en cuanto a tamaño grueso y parejo lo obtuvo el tratamiento TI con 158 y 45 tubérculos respectivamente, mientras el valor más elevado para el ríche fue obtenido por el tratamiento FB con 41 unidades. Para la variable rendimiento del cultivo el tratamiento TI obtuvo el mayor promedio de tubérculos/planta (tb/pl.) con 11.25 tubérculos y la mayor producción esperada por hectárea con 21,9 t/ha. Sin embargo, estadísticamente no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos FB y TI.

Los costos de producción fueron iguales para los tres tratamientos a excepción del costo de fertilización, donde el tratamiento más económico fue el FB con un costo de \$ 11.306.954,00, pero en cuanto a rentabilidad, el mejor tratamiento fue el TI obteniendo un porcentaje de 18,6 seguido por el FB con 17,8.

PALABRAS CLAVE: Fertilizante bocashi, humus de lombriz, fertilizante 15-15-15, *Solanum phureja*.

2. ABSTRACT

This investigation was done with the purpose of assess the effects on the application of two organic fertilizers: (Bocashi FB) and (Earthworm), and also of an inorganic fertilizer (the 15 15 15 TQ) in the cultivation of yellow potato (*Solanum Phureja*), a Colombian “criolla“ variety, on the Santo Domingo Farm located in the Municipality of La Calera, Cundinamarca. Throughout the experimental stage, one fertilization was applied at the time of the sowing and another one 45 days after, during the farming process (aporque), using the following amounts of fertilizers: 100g of Bocashi, 100g of Earthworm and 40g of 15 15 15 on both applications. The variables measured during the research were: a) Size of the tuber, b) Crop’s yield, c) Production costs.

The highest result, based on the the thick similar size, was obtained by the TI treatment with 158 and 45 tubers respectively, while the highest value for the “riche“ type was obtained by the FB treatment with 41 units.

To the variable of the crop yield (efficiency), the TI treatment got the highest average of tubers/plant (tb/pl) with 11,25 of them, and the highest expected production per hectares with 29,9 t/ha. However, statistically, meaningful differences between the FB and the TI treatments were not found.

To summarize, on one hand, the production costs were the same for the three treatments, except for the cost of fertilization in which the cheapest treatment was the FB with a price of \$ 11.306.954.00 CO. On the other hand, and according to the profitability, the best treatment was the TI obtaining a percentage of 18,6 followed by the FB with the 17,8 %.

KEY WORDS: Bocashi fertilizer, Earthworm Humus, Fertilizer 15 - 15 – 15, *Solanum Phureja*.

3. INTRODUCCIÓN

El sector mundial de la papa atraviesa grandes cambios, hasta inicios del decenio de 1990, casi la totalidad de las papas se producían y consumían en Europa, América del Norte y en los países de la antigua Unión Soviética, desde entonces se ha producido un espectacular aumento de la producción y la demanda de papa en Asia, África y América Latina, donde la producción aumentó de menos de 30 millones de toneladas a principios del decenio de 1960 a más de 165 millones en 2007; en 2005, por primera vez, la producción de la papa del mundo en desarrollo excedió la del mundo desarrollado; China se ha convertido en el primer productor mundial de papa, y poco menos de una tercera parte de todas las papas hoy se cosecha en China y la India, (FAO, 2008, p.1).

La papa criolla ha tomado una importancia clave en la economía de nuestro país, considerándose como un material vegetal único, cultivado en las zonas altas de la región Andina de Colombia y de los países vecinos, y que por sus características organolépticas especiales, atrae el gusto de los consumidores extranjeros, pero se requiere desarrollar estrategias de producción en el campo, en beneficio de los productores y del sector industrial (Corpoica, 2010).

Por otra parte, el desconocimiento de los agroquímicos y malas prácticas agrícolas de los agricultores, ha producido un grave daño en la naturaleza, como la contaminación del ambiente con todos sus componentes, residualidad de productos químicos en los alimentos, pérdida de biodiversidad, erosión severa del suelo y costos de producción más elevados (Estrada, 2013).

Día a día aumenta el costo de los fertilizantes, por lo cual, los costos de producción de la papa se incrementan, es por ello que actualmente se buscan nuevas alternativas de fertilización, con el objetivo de disminuir los costos de producción y aumentar la ganancia para el agricultor.

Por ende, esta investigación tuvo como objetivos: Evaluar el efecto de la fertilización orgánica y química en el cultivo de papa criolla (*Solanum phureja*) donde se analizaron como variables, el tamaño, rendimiento y costo de producción del cultivo.

4. OBJETIVOS

Objetivo general

- Evaluar el efecto de la fertilización orgánica e inorgánica sobre la productividad en un cultivo de papa criolla.

Objetivos específicos

- Realizar un análisis comparativo entre tratamientos, que permita determinar el efecto sobre la productividad del cultivo.
- Determinar la fuente de fertilización más eficiente para el cultivo y más rentable para el productor.
- Realizar el análisis económico de los tratamientos evaluados.

5. MARCO TEORICO

Originaria de América tropical, el cultivo de papa criolla se extiende desde México hasta el norte de Chile. Taxonómicamente pertenece a la familia Solanacea, serie tuberosa, de las cuales Colombia es centro de origen de 4 especies entre las que se destacan comercialmente la *Solanum tuberosum* spp. andigena y la *Solanum phureja* (papa criolla) (Angelfire, 2001).

La cuna de la papa está en América del Sur, pero esta región tiene el nivel más bajo de producción de papa, de menos de 16 millones de toneladas en 2007; para la mayoría de los pequeños campesinos de la región andina, la papa sigue siendo un cultivo tradicional, y se cultiva con otras especies de papa desconocidas en el resto del mundo; en otros países, como Argentina, Brasil, Colombia y México, está aumentando la producción comercial a gran escala de *Solanum tuberosum* (Gómez, 2014)

Este cultivo, prospera adecuadamente entre los 1.800 y los 3.200 m.s.n.m., siendo óptimas para su cultivo las alturas comprendidas entre 2.300 y los 2.800 m.s.n.m., lo que equivale a un rango de temperatura de 10° a 20°C, requiere además de una precipitación promedio de 900 mm de lluvia al año; sin embargo, el cultivo se desarrolla bien en precipitaciones superiores (Zapata, Navas, Tamayo, Díaz, 2006, p. 3).

Para Herrera (2000) citado por Ligarreto & Suárez (2003) la papa es una especie de reconocida importancia en el mundo, en Colombia es importante como alimento básico de la población y ocupa un área sembrada de 170.000 hectáreas por año.

De acuerdo con Merchan, M. et al. (2009) citado por Espinoza (2015), la papa extrae altas cantidades de nutrientes para obtener una buena producción, por tanto, se debe realizar un

análisis químico el suelo para fertilizar de acuerdo con las necesidades nutrimentales del cultivo, que requieren principalmente seis de los trece elementos esenciales para la nutrición: nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S).

Según Sica (2007) citado por Espinoza (2015) la papa en la alimentación humana ocupa el cuarto lugar en importancia, después del trigo, arroz y maíz.

El color de los tubérculos tiene distintos matices de amarillo y, en algunos casos, presenta tintes rojos; tiene forma redonda a ovoide, ojos u hoyos distribuidos por toda la superficie. En promedio, se estima que la planta produce hasta 40 tubérculos esparcidos en contorno (Angelfire, 2001).

El tiempo máximo de duración que admite la papa criolla oscila entre 5 y 8 días, debido a que los tubérculos tienen una rápida brotación, lo que origina pérdidas en su calidad comercial. Por lo anterior, es necesario utilizar inmediatamente la papa ya sea como semilla o para el consumo. En la actualidad se desarrollan programas de investigación en poscosecha tendientes a desarrollar empaques adecuados para el producto. Asimismo, se están estudiando otras posibilidades de transformar el producto aprovechando su excelente calidad culinaria, su alto valor alimenticio y la gran aceptación de la papa criolla por parte del consumidor interno. Se destacan en las pruebas industriales los trabajos tendientes a obtener papa a la francesa precocida, prefrita y congelada, papa entera precocida y congelada, papa en línea, preformados y puré de papa (Angelfire, 2001).

Actualmente el banco de germoplasma de papa del estado Colombiano a cargo de CORPOICA, tiene 51 entradas de papa *Solanum phureja* y 82 de *Solanum chaucha*, y entre ellas se encuentra la famosa yema de huevo, empleada para el proceso industrial y la exportación (Zapata, Navas, Tamayo, Díaz, 2006).

Según el Ministerio de Agricultura y desarrollo rural (MADR) (2008); Agencia de Noticias de Ciencia y Tecnología de Colombia (ANCTC) (2005) citado por Santamaría, Montañez & Sánchez (2010) el cultivo de papa criolla es uno de los sistemas productivos más importantes económica y socialmente en Colombia ya que representa entre el 5 y 10% de la papa cultivada en el país y su exportación asciende a mil toneladas al año.

Para Cevipapa (2004) citado por Santamaría, Montañez & Sánchez (2010) en el departamento de Cundinamarca, el área sembrada en el año 2008 alcanzó 60.000 hectáreas con un rendimiento promedio de 18 t/ha. En Colombia dicho sistema productivo es de gran importancia debido a que es desarrollado por aproximadamente 90.000 familias.

Los cultivares más conocidos y exportados comercialmente en Colombia de *S. tuberosum* grupo phureja son morfotipos redondos amarillos de ciclo corto (110 – 120 días) y brotación en el momento de la cosecha (Human y Spooner, 2002 citado por Peña, 2015, p. 1).

Entre los principales atributos de la papa criolla se incluye el buen sabor, inferiores costos de producción en comparación a la papa de año (papas tetraploides) y un alto potencial de

exportación como producto exótico procesado, las papas criollas presentan una excelente aceptación por parte del consumidor nacional e internacional a razón de sus características organolépticas (sabor, color y harinosidad) (Rodríguez, Núñez & Estrada., 2009 citado por Peña, 2015, p. 7).

5.1 Características botánicas.

Según Rousselle, Robert y Crosnier (1999) citado por Fernández (2011, p. 11) la papa criolla pertenece a la familia solanácea, es una planta herbácea, dicotiledónea, provista de un sistema aéreo y otro subterráneo de naturaleza rizomatoza del cual se origina los tubérculos; el género *Solanum*, es muy basto, (alrededor de 1.400 especies) y ampliamente distribuido en el mundo, sin embargo, hay una fuerte concentración de especies en América del Sur y América Central. En la tabla 1 se presenta la clasificación taxonómica de la papa criolla.

5.2 Clasificación taxonómica de la papa criolla

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la papa criolla

Nombre científico:	<i>Solanum phureja</i>
Reino:	Plantae
Phylum:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida

Orden:	Solanales
Familia:	Solanáceas
Género:	Solanum
Epíteto específico:	Phureja

Nota: Tomado de Universidad Nacional de Colombia, 2007

5.2.1 Parte aérea

- **Tallo:** son aéreos, gruesos, fuertes y angulosos, siendo al principio erguido y con el tiempo se van extendiendo hacia el suelo. Los tallos se originan en las yemas del tubérculo siendo su altura variable entre 0.5 y 1 metro, Son de color verde pardo; el corte de la sección transversal es hueco y triangular, se considera que un tallo es el tallo principal si crece directamente del tubérculo semilla madre; las ramas laterales que salen al tallo principal se llaman tallos secundarios (Alonso, 2002 citado por Fernández, 2011, p. 12).
- **Hojas:** son compuestas, imparpinnadas y con folíolos primarios, secundarios e intercalares cuyo número y tamaño es un carácter varietal, aunque está influenciado por las condiciones del crecimiento, la nerviación de las hojas es reticulada, con una densidad mayor en los nervios y en los bordes del limbo (Ruiz, 1992 citado por Fernández 2011, p. 12).

- **Flores:** Las flores son bisexuales, y poseen las cuatro partes esenciales de una flor: cáliz, corola, estambres y pistilo, los estambres son el órgano masculino llamado androceo, y el pistilo es el órgano femenino llamado gineceo (Fernández, 2011, p. 12).
- **Frutos:** Los frutos tienen forma de una baya redondeada de color verde de 1 a 3 cm de diámetro que se tornan amarillos al madurar, constan de dos cavidades o lóbulos en los que se alojan las semillas, el número de semillas es muy variable y pueden ir desde ninguna hasta más de trescientas (Alonso, 2002 citado por Fernández 2011, p. 13).

5.2.2 Parte subterránea

Las raíces son fibrosas, muy ramificadas, finas y largas, las raíces tienen un débil poder de penetración y solo adquieren un buen desarrollo en un suelo blando, las plantas de papa criolla pueden desarrollarse a partir de una semilla forma una delicada raíz axomorfa con ramificaciones laterales, cuando crece de un tubérculo forma raíces adventicias primero en la base de cada brote y luego encima de los nudos en la parte subterránea de cada tallo (Ruiz, 1992 citado por Fernández 2011, p.13).

Los Rizomas son tallos subterráneos de los que surgen las raíces adventicias, producen unos hinchamientos denominados tubérculos; Se puede considerar al tubérculo como una parte del tallo que se ha adaptado para almacenar reservas y para la reproducción este se forma en el extremo del estolón como consecuencia de la acumulación de reservas que se produce por el rápido desarrollo y división celular (Alonso, 2002 citado por Fernández 2011, p.13).

5.3 Ecofisiología

De acuerdo con Papa criolla (s.f) la papa criolla se produce entre los 1.800 y los 3.200 m.s.n.m., siendo óptimas para su cultivo las alturas comprendidas entre 2.300 y los 2.800 m.s.n.m., lo que equivale a un rango de temperatura de 10° a 20° C. Requiere además de una precipitación promedio de 900 mm de lluvia al año; sin embargo el cultivo se desarrolla bien en precipitaciones superiores. El mejor suelo para su cultivo es aquel que presenta una textura franca, suelta y profunda que evite la acumulación de humedad en la raíz, con una pendiente máxima del 30%, un pH entre 5.2 y 5.9 y altos contenidos de materia orgánica. La papa criolla no se produce bien en terrenos húmedos

5.4 Manejo agronómico

El cultivo de papa criolla requiere de un periodo vegetativo de 4 a 5 meses en los que se deben realizar las siguientes prácticas agronómicas:

- Preparación del terreno: es una labor tendiente a soltar el suelo hasta una profundidad de 30 cm. Se realiza generalmente con azadón, bueyes o tractor; cuando se utiliza tractor, es necesario realizar un pase de arado, uno de rastrillo y uno con surcadora (Papa criolla, s.f).

- Siembra: el cultivo de papa criolla se propaga por tubérculos, la semilla es uno de los insumos más costosos en el proceso productivo de la papa, razón por la cual el agricultor suele usar semilla de sus propias plantaciones, el tubérculo ideal para sembrar es aquel que presenta la forma característica de la especie, esto es, tamaño mediano, ojos poco profundos, brotes cortos y vigorosos, y ausencia de pulgones, gusano blanco, polillas y pudriciones; para sembrar una hectárea con papa criolla se requieren entre 6 y 9 cargas de papa (0,7 y 1,1t respectivamente), de las cuales se espera obtener entre 70 y 120 cargas (7 y 12t respectivamente) de producto (Papa criolla, s.f).

- La papa requiere agua, especialmente en los primeros días después de la siembra y desde la aparición de las flores hasta cuando los tubérculos han adquirido buen tamaño y peso; es recomendable, por lo anterior, que la siembra coincida con el inicio de la época de lluvias o que se haga durante la misma (Papa criolla, s.f).

- Aporque: consiste en arrimar la tierra a lo largo del surco en la base de la planta para favorecer la formación de los tubérculos, protegerlos de la luz y de los daños de los insectos, conservar la humedad en las zonas de raíces, facilitar la aireación y el drenaje, incorporar nutrientes y controlar las arvenses, debe realizarse entre el primero y el segundo mes después de que emergen las plántulas ya que, de lo contrario, se pueden afectar el sistema de raíces y los estolones. (Papa criolla, s.f).

- Manejo fitosanitario: el cultivo de papa criolla es más susceptible al ataque de plagas y enfermedades que el de la papa común, por lo que es preciso tomar todas las medidas preventivas que estén al alcance del productor a fin de evitar su aparición; es preciso, además, estar vigilando permanentemente la plantación para adoptar a tiempo las medidas correctivas que permitan reducir y manejar de los problemas que se presenten (Papa criolla, s.f).

Una de las principales medidas para el manejo fitosanitario del cultivo de la papa criolla consiste en realizar rotaciones con otras especies agrícolas como por ejemplo, trigo, zanahoria, arveja, cebada y pastos. Se destacan las asociaciones con otras variedades de papa o con calabaza, haba, arveja, maíz, frijol, ajo, brócoli, caléndula, coliflor, y repollo y, como cultivos intercalados, los caducifolios (Papa criolla, s.f).

- Manejo de insectos: por presentar un color claro, una textura blanda y un contenido alto de azúcares, la papa criolla es muy susceptible al ataque de insectos (especialmente la polilla guatemalteca, teña solanivora, y el gusano blanco, (*Premnotrypes vorax*) (Papa criolla, s.f).
- Manejo de enfermedades: algunas de las enfermedades de mayor incidencia son la gota o tizón tardío (*Phytophthora infestans*), el tizón temprano o mancha negra (*Alternaria solani*), los virus PVY, PVX, PLVR, y el amarillamiento de las venas; las prácticas encaminadas a prevenir y corregir la presencia de enfermedades deben realizarse durante todas las fases del cultivo (Papa criolla, s.f).

- Manejo de arvenses: el periodo en el que las arvenses son limitantes para la papa criolla va desde la emergencia del cultivo hasta que las plantas de papa cierran las calles de los surcos, generalmente requiere de dos controles de arvenses que se dan con un mes de diferencia, siendo el segundo control el mismo aporque (Papa criolla, s.f).
- Cosecha: el momento oportuno para realizar la cosecha es aquel en que la piel del tubérculo no se desprende fácilmente al hacerle presión y los tallos se han secado; la cosecha oportuna evita el ataque de los insectos, la presencia de pudriciones, la brotación y el enraizamiento; el rendimiento promedio por hectárea en Colombia es de 12 toneladas (Papa criolla, s.f).

Es necesario destruir completamente los residuos del cultivo y retirar los tubérculos del campo una vez ha pasado la cosecha, ya que ellos son la principal fuente de plagas y enfermedades para futuras siembras (Papa criolla, s.f).

La oferta de papa criolla se caracteriza por su marcada estacionalidad, la cual determina la presencia de momentos en los cuales, como consecuencia de la escasez del producto, los precios tienden al alza: es lo que ocurre entre la tercera semana de diciembre y la segunda semana de marzo, y entre la tercera semana de junio y la primera semana de septiembre (Angelfire, 2001).

Los productores venden la papa criolla directamente a las cadenas especializadas, que la exigen previamente lavada, o a acopiadores y mayoristas, quienes la adquieren sucia y la envían a las plantas lavadoras para agregarle valor al producto y así aumentar su margen de utilidad. El mayorista vende el producto empacado en bolsas plásticas de 1 kg. a 6 kg.; a granel, en canastillas plásticas, cuando abastece a las cadenas

especializadas, o en bultos de 62.5 kg., cuando lo comercializa en las centrales mayoristas (Angelfire, 2001).

- Presentación: según Jenny (2010), la Papa criolla se puede generalmente encontrar empacada en bolsas plásticas, las cuales tiene pequeños orificios para que el producto se conserve fresco en cantidades de un kilo por bolsa o a granel. Según la nueva ley dictada por el Ministro de Agricultura sobre cadenas alimentarias de comercialización, la Papa no puede llegar con pasto y helechos a las plazas de mercado. A la mayorista, plazas de mercado y centros de acopio, llega empacada en bultos sin un debido control de peso. A los grandes supermercados y almacenes de cadena debe llegar limpia y en buen estado, ya que estos establecimientos al comprar las Papa lo que más exigen es calidad antes que precios, entendiendo por calidad una Papa fresca, sin retoños y puntos negros y de color amarillo bien definido. En los graneros, tiendas de barrios y plazas de mercado se venden por kilos y son ellos mismos quienes al venderla la empacan en bolsas plásticas mientras que en los supermercados y almacenes de cadena se vende lavada, seleccionada y empacadas en bolsas de kilos; también se puede adquirir a granel para que los consumidores la puedan escoger. En términos de industria la demanda es poca, y quienes la compran la utilizan para venderla precocida, congelada y en forma de pasabocas; para esto exigen que sea papa fresca y de un tamaño entre grande y pequeño. La industria la adquiere por bultos pero limpia ya que son ellos quienes se encargan de hacer el lavado y la transformación correspondiente. Entre estos demandantes encontramos empresas como Grasso quienes la exportan a Estados Unidos.

5.5 Requerimientos nutricionales.

Los requerimientos nutricionales del cultivo pueden variar de acuerdo al tipo de suelo, densidad de siembra y clima.

Según el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias de Ecuador (INIAP) (2002) citado por Estrada (2013) la provisión de nutrientes al cultivo de papa, se hace a través de aplicaciones de fertilizantes químicos y orgánicos. En general los cultivos extraen grandes cantidades de nitrógeno (N), fósforo (P), azufre (S), potasio (K) y algunos micronutrientes como zinc (Zn), manganeso (Mn) y boro (B).

En estudios realizados por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), en las diferentes zonas paperas del país, reportan que, en la mayoría de los suelos, la principal respuesta es a N y P, los cuales deben suministrarse simultáneamente para obtener altos rendimientos; se ha encontrado interacción significativa a la aplicación simultánea de estos nutrimentos (Lora, 1980; Munevar et al, 1977 citado por Monómeros Colombo Venezolano (MCV), 1998, p. 60).

Como resultado de estos estudios, se considera que las relaciones N: P₂O₅:K₂O más adecuadas para el cultivo de la papa son: 1:3:1; 2:4:1; 2:6:1 y 1:2:1, se recomienda aplicar el fertilizante localizado en banda debajo de la semilla, o en corona alrededor de la misma; la época más adecuada de aplicación es al momento de la siembra (Lora, 1980; Munevar et al, 1977 citado por MCV, 1998, p. 61).

En los sistemas de producción de papa se utilizan las relaciones 1-3-1, 2-4-1 y 1-1-1 (MCV, 1998, p. 61).

5.5.1 Fertilización.

En estudios realizados en el municipio de Nariño, los gastos de fertilizantes en el cultivo de papa criolla representan 29,26% de los costos totales, y dosis de fertilizante químico superiores a 900kg/h. ocasionan un crecimiento exuberante y reducción en la producción de tubérculos (Rodríguez y Rodríguez, 2005 citado por Muñoz y Lucero, 2008, p. 341).

Según Kulakovsaya y Brysozovshii (1984) citado por Zamora, Tua & Torres (2008) señalan que el uso combinado de abonos orgánicos y minerales, contribuyen a mejorar la calidad de la papa, no solo por aumentar los rendimientos, sino por que incrementan el valor biológico de las proteínas en los tubérculos.

Por otra parte, Porras (2005) manifiesta que en el cultivo de papa la fertilización es uno de los rubros con más peso dentro de los costos totales de producción: cerca de 39% (Pérez, Rodríguez y Gómez, 2008, p. 478).

García y Pantoja (2004) citado por Muñoz y Lucero (2008, p. 341) concluyeron que la práctica de fertilización de papa criolla en Nariño es deficiente: no es común el uso de análisis de suelo y se emplean como fórmula común y repetitiva los fertilizantes que poseen nitrógeno, fósforo y potasio en proporción 1:3:1, a razón de 50kg de abono por bulto de semilla sembrada.

Las dosis de fertilizantes no se consideran en función del área sino por la carga de semilla sembrada, siendo en promedio de 70g/planta de fertilizante compuesto, en este caso no es

posible aplicar dosis precisas, ya que depende del operario y cada planta recibe una dosis diferente, es muy escasa la mecanización en la aplicación de fertilizantes (MCV, 1998, p. 61).

En el municipio de la Calera se utilizan dosis de 80 a 100 g/planta de fertilizante compuesto y es aplicado en corona. Adicionalmente dependiendo de la época del año y del desarrollo de la planta se decide aplicar o no fertilizantes foliares con el principal objetivo de ayudar a la planta a obtener un mejor desarrollo. Esta práctica se realiza antes de la segunda fertilización la cual ocurre al momento del aporque. De igual forma, se puede aplicar después del aporque buscando que el tubérculo tenga un mayor tamaño.

Según papa criolla (s.f) la fertilización debe hacerse de acuerdo con los resultados del análisis de suelos. Este cultivo se desarrolla mejor cuando el suelo cuenta con grandes cantidades de materia orgánica y fosforo dada su relativa incidencia para la toma del elemento. La fertilización se puede fraccionar en dos aplicaciones: una al sembrar y otra al momento de hacer el aporque. Es importante considerar el pH del suelo, y tener en cuenta que las plantas son exigentes en calcio y magnesio.

5.6. Fertilización orgánica.

Según Aliaga (2008) citado por Valle (2009) el término "fertilizante orgánico", se emplea para identificar un abono elaborado a base de estiércol de animales y residuos vegetales que pueden ser: sólidos (compost) y líquidos (Biol).

De acuerdo con Montesdeoca (2005) citado por Espinoza (2015), la agricultura orgánica es un sistema de producción que trata de utilizar al máximo los recursos de la finca, dándole énfasis a la fertilidad del suelo y la actividad biológica y al mismo tiempo, a minimizar el uso de los recursos no renovables y no utilizar fertilizantes y plaguicidas sintéticos para proteger el medio ambiente y la salud humana. La agricultura orgánica involucra mucho más que no usar agroquímicos. En Centroamérica se está produciendo una gran variedad de productos agrícolas orgánicos para exportación.

Según Orozco (2000) citado por Valle (2009), los abonos orgánicos son materiales que aportan al suelo cantidad apreciable de materia orgánica y a los cultivos elementos nutritivos asimilables en forma orgánica. Estos materiales contienen numerosos elementos nutritivos pero sobre todo Nitrógeno, Fósforo, Potasio y, en menor proporción, Magnesio, Sodio y Azufre, entre otros.

Para Arias Ana (2003) citado por Valle (2009), el uso en la agricultura de abonos orgánicos es natural y por lo tanto, es menos contaminante para el suelo, ya que mejora la estructura y la fertilidad de éste. Los materiales como rastrojos y desechos de diferentes cultivos, malezas que han sido chapeadas, estiércol de animales y ceniza, pueden ser transformados en abono orgánico.

De acuerdo con Arroyo (2009) citado por Espinoza (2015), los abonos orgánicos son aquellos como el estiércol, turba, compost, humus, etc.; son de asimilación lenta ya que los nutrientes se van liberando a medida que los microorganismos van descomponiendo y ponen a disposición de sus raíces. Una de las ventajas de la fertilización orgánica es que mejoran las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo, incrementando la población de microorganismos.

Para Valle (2009) a diferencia de los fertilizantes químicos ya conocidos: área, nitratos, superfosfatos, cloruro de potasio, etc. que suministran al suelo un único y determinado nutriente: nitrógeno, fósforo o potasio respectivamente; en el caso de los abonos orgánicos, ellos al tener una composición tan completa de nutrientes, cuando se descomponen en el suelo liberan no sólo nitrógeno, fósforo y potasio sino muchos otros nutrientes (macro y micronutrientes) y sustancias orgánicas diversas.

Felipe Carmen & Morales (2003) citado por Valle (2009) contrariamente a los fertilizantes químicos de estructura simple y de rápida disponibilidad, los abonos orgánicos son sustancias de lenta liberación de nutrientes, esto significa que una vez incorporadas al suelo se disuelven lentamente y ponen a disposición de las raíces los nutrientes en forma gradual y sostenida acorde con el ritmo de crecimiento y desarrollo del cultivo.

Padilla, citado por Vivanco (2003), expone que la aplicación de abonos orgánicos ofrece beneficios favorables para las plantas tales como:

- Sirven como medio de almacenamiento de los nutrimentos necesarios para el crecimiento de las plantas como es el caso de nitratos, fosfatos, sulfatos, etc.

- Aumenta la capacidad de intercambio de cationes en proporciones de 5 a 10 veces más que las arcillas.
- Amortiguan los cambios rápidos de acidez, alcalinidad, salinidad del suelo y contra la acción de pesticidas y metales tóxicos pesados.
- Proporcionan alimento a los organismos benéficos como la lombriz de tierra y las bacterias fijadoras de nitrógeno.
- A medida que se descomponen los residuos orgánicos, suministran a los cultivos en crecimiento cantidades pequeñas de elementos metabólicos a tiempo y en armonía con las necesidades de la planta.
- Reducen la densidad aparente del suelo aumentando la infiltración y el poder de retención de agua en el suelo.
- Mejoran las condiciones físicas del suelo mediante la formación de agregados.
- Aumenta la actividad microbiológica.
- Incrementa la fertilidad del suelo.
- Aporte reducido de nitratos y menos contaminación de acuíferos.

De acuerdo con Orozco (2008) citado por Valle (2009) el abono orgánico mejora las condiciones organolépticas de la fruta. Sobre este último punto, en hortalizas se ha encontrado que las ensaladas orgánicas contenían un 30% menos nitrato que las provenientes de cultivos no orgánicos.

Según Ormeño & Ovalle (2007) existen experiencias en hortalizas y cacao que demuestran que el uso de abonos orgánicos reduce el ciclo de los cultivos. El tamaño de los vegetales no varía

mucho y su sabor es mejor cuando son producidos con prácticas orgánicas, es por eso que en los mercados europeos ha crecido el interés por la compra de productos de origen orgánico, incluso con precios 20% por encima de los producidos de forma tradicional.

Según Zamora, Tua & Torres (2008) en el marco de la agricultura sostenible, el control de la fertilidad del suelo a través del ciclo de nutrientes, es un factor clave para el desarrollo de sistemas alternativos exitosos, ya que con ellos se reducen las pérdidas de estos y se maximiza su uso; en tal sentido, los abonos orgánicos constituyen una estrategia formidable para alcanzar estos objetivos.

5.6.1 Humus de lombriz

Para Méndez, León, Gutiérrez, Rincón & Álvarez (2012) el humus de lombriz es el abono orgánico más conocido en el mercado y su composición depende del sustrato con el cual se alimentan las lombrices, al utilizar residuos orgánicos de origen animal o vegetal. Este abono aporta los nutrientes necesarios para que las plantas cultivadas realicen todos sus procesos de crecimiento y desarrollo.

La lombricultura es una técnica que consiste en utilizar una especie de lombriz como una herramienta de trabajo, dicha actividad consiste en reciclar toda la materia orgánica posible, el resultado del reciclaje genera carne, harina de lombriz y humus de lombriz; las camas o lechos como se denomina comúnmente es el espacio del vivero en el cual se realiza el proceso de la lombricultura, para dicho espacio se emplearon canastillas plásticas (Carvajal, 2013).

Para Méndez, León, Gutiérrez, Rincón & Álvarez (2012) el humus de lombriz contiene una concentración importante de elementos soluble orgánicos, entre los que se incluyen los humatos más importantes como son: los ácidos húmicos, fúlvicos y úlmicos y su aplicación en estado líquido estimula los procesos de humificación y mineralización de los residuos vegetales en el suelo.

Vielma, Ovalle, León y Medina (2003) citado por Carvajal (2013, p. 11) sugieren que el inicio de un lombricultivo se da cuando se sitúan el pie de cría en los lechos, teniendo en cuenta que se debe tener una capa de tierra de unos diez a quince centímetros, esto es debido a que le facilita a la lombriz a tener su propio refugio en caso de que las condiciones de alimento no sean las apropiadas.

Según Agroflor (s.f) hoy se conocen aproximadamente 8.000 variedades de lombrices, pero solo 3.500 de ellas han sido estudiadas y clasificadas; de estas, unas pocas han sido domesticadas y adaptadas para realizar en criaderos, la función que en forma natural realizan en la tierra, trabajando en forma intensiva y generando un valioso producto, que es el humus de lombriz. En la tabla 2 se presenta la clasificación taxonómica de la lombriz. De las especies domesticadas, sin duda la que ha dado mejor resultado es la roja californiana (*Eisenia foetida*).

Tabla 2. Clasificación taxonómica de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*).

Reino	Animalia	Animales
-------	----------	----------

Filum	Anelida	Invertebrados de aspecto vermiforme (gusano) con cuerpo segmentado en anillos
Clase	Clitellata	Con clitelo o “collar”
Sub Clase	Oligochaeta	Con pocas cerdas
Familia	Lumbricidae	Lombriz de tierra
Genero	Eisenia	
Especie	<i>Eisenia foetida</i>	Lombriz roja californiana

Nota: Tomado de Solano y Díaz (2014, p. 11).

Agroflor (s.f) afirma que este anélido es hermafrodita insuficiente, siendo bisexual que necesita aparearse para reproducirse, dotado de 5 corazones y 6 riñones. La *Eisenia foetida* es una lombriz extraordinariamente prolifera, muy vivaz, trabajadora, resistente al estrés, tal vez como ninguna otra, y que se ha logrado hacer trabajar densidades de 50.000 a 60.000 lombrices por metro cuadrado, cifra que ninguna lombriz salvaje está en condiciones de resistir.

La lombriz roja Californiana, vive en cautiverio sin moverse de su lecho, madura sexualmente entre el segundo y tercer mes de vida deposita cada 7 a 10 días una cápsula con un contenido promedio de 10 huevos, pudiendo llegar a 20, los que después de 14 a 21 días de incubación eclosionan, originando lombrices en condiciones de moverse y nutrirse de inmediato, acepta con gran voracidad todo tipo de desechos agropecuarios, esta variedad de lombriz es una excelente recuperadora orgánica, siendo muy voraz, su color es rojo y el largo

promedio adulto alcanza entre 7 y 10 cm, con un diámetro de 2 a 3 mm y un peso promedio de un gramo (Agroflor, s.f).

Las lombrices tienden a comer y desarrollarse cerca de la superficie, por ello se trabajan camas poco profundas (20 cm aproximadamente), si el recipiente donde se cultiva es más profundo, se tiende a tener menores poblaciones anaeróbicas, indeseables y generadoras de malos olores, idealmente se busca producirlo en un lugar fresco (Fundación origen, s.f).

5.6.2 Parámetros técnicos del proceso:

Según Agroflor (s.f) los parámetros técnicos involucran:

- Manejo del alimento (desechos orgánicos): en forma natural con aire y agua y en consecuencia, sin olores ni moscas.
- pH del alimento entre 6 y 8.5
- Humedad optima 75%
- Temperatura ideal en el interior del lecho entre 15 y 25°C
- Peso promedio de una lombriz adulta: 1g
- Ninguna enfermedad
- Riego con agua de acequia, pozo o potable sin cloro.
- Producción anual por metro cuadrado: 200kg de humus de lombriz al 45% de humedad y 160.000 lombrices.

- Proceso de bio-transformación de la materia orgánica a partir de la lombriz roja californiana

Para Henríquez y Mora (s.f) el proceso para la producción de humus es el siguiente:

- Preparación del sustrato orgánico: antes de que las lombrices se alimenten del material orgánico, es necesario que se descomponga un tiempo para que pueda ser digerido por ellas. Por tanto, el material vegetal simplemente se deja descomponer naturalmente durante una o dos semanas (precompostado).
- Mezcla de lombriz con el sustrato orgánico: cuando el sustrato orgánico está poco descompuesto, se agregan las lombrices con un poco de sustrato listo. Para proyectos que están iniciando, el número de lombrices inicialmente será pequeño, pero esta irá aumentando enormemente en cuestión de meses.
- El lombricompostaje: es el proceso de producir humus de lombriz. Durante este tiempo, la lombriz se alimenta de los sustratos orgánicos y los convierte en humus de lombriz o lombricompost. En este periodo, la lombriz además de alimentarse, se reproduce en el sustrato.
- Captura de la lombriz y recolección del abono listo: una vez que el material orgánico se ha convertido en humus, debe separarse la lombriz del abono, para ello se coloca material orgánico precompostado fresco, ellas se moverán hacia donde está la comida, dejando el abono o lombricompost que ya estará listo para ser utilizado.

- Secado y tamizado del abono: luego que las lombrices han abandonado el abono, este puede ser secado.

Todo el proceso puede durar de 2 a 4 meses, dependiendo del material orgánico utilizado, la población de lombrices y las condiciones del proceso.

San Rafael (s.f) realizó un estudio denominado “respuesta del cultivo de papa (*solanum tuberosum* L) CV. R-12, al abonado con humus de lombriz donde: En la tarea de disminuir la contaminación de los suelos, agua y plantas por el uso inadecuado de agroquímicos, Humus San Rafael, como un abono orgánico NO TÓXICO a fin de cumplir los requisitos en el manejo ambiental, de calidad y económicos.

Para San Rafael (s.f) estas observaciones se realizaron durante el primer semestre del año 2002, a los 164 días después de la siembra, en cultivos comerciales del Municipio de Zipaquirá, la vereda Riofrío, Finca Campoalegre, del señor Luis E. Gutiérrez y asistido por el señor Eleazar Calvo. La respuesta a la aplicación de Humus San Rafael, como abono orgánico, tipo Humus líquido, se observó en el cultivo de 1 hectárea, adyacente a 4 hectáreas abonadas con fertilizantes químicos y dosis tradicionales. Las observaciones en campo y muestreo se realizaron en 3 plantas tomadas al azar en cada uno de los lotes identificados como CHSR y SHSR. A la fecha, en el lote SHSR se observó menor número de tallos verdes, menor número de raicillas, mayor número de tallos por planta , 7 tallos /planta, los tubérculos se desarrollan más dispersos lo que

permite pérdidas en la cosecha, por no recolección adecuada, y permanencia de tubérculos en el lote para albergar las plagas y enfermedades convirtiéndose en focos de contaminación infestando el suelo y posteriormente exigencias en mayor cantidad de correctivos al momento de iniciar nuevas plantaciones. En el lote CHSR, el número de tallos fue de 5 tallos / planta, todos verdes, vigorosos con mayor diámetro, los tubérculos se desarrollan focalizados al pie de la planta, lo que favorece la recolección total de la producción y por tanto la retribución de todo el trabajo de la planta y de los insumos aportados por el agricultor.

De acuerdo con San Rafael (s.f) el peso de los tubérculos CHSR (5721.52 g/planta) es mayor que SHSR (5432.24 g. /planta), esta diferencia de 289.28 g / pl. Multiplicado por 20.000 a 25.000 plantas / ha. Representa mayor producción por hectárea. La producción promedia de tubérculos por planta, clasificados aparece que en SHSR hubo mayor número de tubérculos tipo “0” y “Riche”, mientras CHSR el mayor número de tubérculos por planta fue de la categoría “grande”, “pareja” y muy pocas tipo “Riche” condición que permitirá mayor demanda en fresco y mejor precio en el mercado.

5.6.3 Fertilizante bocashi

El bocashi es un abono fermentado que se obtiene procesando materiales que son producto de actividades agrícolas (rastreo, cascarilla de café, etc.), y que pueden ser utilizados y sustituidos según la disponibilidad que exista en la región; esto lo convierte en una actividad práctica y de gran beneficio para el agricultor que requiere aprovechar todos los recursos con los que cuenta el campo (FAO, 2011).

Según Infoagro (2008) citado por Usuño (2014) se trata de un abono orgánico fermentado parcialmente, estable, económico y de fácil preparación. Este abono es producto de un proceso de degradación anaeróbica o aeróbica de materiales de origen animal y vegetal, el cual es más acelerado que el compostaje, permitiendo obtener un producto final de forma más rápida.

La elaboración de los abonos orgánicos fermentados se puede entender como un proceso de semi-descomposición aeróbica (con presencia de oxígeno) de residuos orgánicos por medio de poblaciones de microorganismos, quimioorganotróficos que existen en los propios residuos, con condiciones controladas, y que producen un material parcialmente estable de lenta descomposición en condiciones favorables y que son capaces de fertilizar a las plantas y al mismo tiempo nutrir la tierra (FAO, 2011).

Para Bejarano & Restrepo (2002) este abono ha sido experimentado por muchos agricultores de Colombia y Latinoamérica. En cada lugar varía la forma de preparar y los ingredientes a usarse, resultado de prueba, error y el conocimiento tradicional de los campesinos.

5.6.4 Principales variables a considerar en la elaboración del abono

Bocashi:

Temperatura: según Restrepo (1996) citado por Gaviria y Albán (2012 p. 29) está en función del incremento de la actividad microbiológica del abono, que comienza con la mezcla de los componentes. Después de 14 horas del haberse preparado el abono no debe de presentar temperaturas superiores a 50°C.

Humedad: según Picado & Añasco (2005) citado por Gaviria y Albán, (2012 p. 29 – 30) la humedad óptima para el proceso del abono es de un 50 % a un 60 % en relación con el peso de la mezcla. Si está muy seco, la descomposición es muy lenta (disminuye la actividad de los microorganismos). Si está muy húmedo, falta oxígeno y puede haber Putrefacción de los materiales, ya que el agua ocupará todos los poros y por lo tanto el proceso se volvería anaeróbico (sin oxígeno). El resultado será una mezcla de mal olor y textura muy suave por el exceso de agua.

La humedad se mide apretando con el puño muestras de diferentes lados; si el montón se desmorona está muy seco, si escurre agua está muy húmedo; si se siente la humedad y mantiene su forma al soltarlo está bien; es muy importante cuidar el contenido de humedad para que el abono salga bueno; si está muy seco se hace lento el proceso, si está muy húmedo se puede podrir y se pierde, se recomienda un porcentaje de humedad entre el 40 y 45% (Gaviria y Albán, 2012).

pH: Picado & Añasco (2005) citado por Gaviria y Albán (2012, p. 30) aseguran, el nivel más conveniente para los microorganismos del suelo está entre 6 y 7.5. Los valores extremos inhiben la actividad microbial.

La Aireación: es la presencia de oxígeno dentro de la mezcla, necesaria para la fermentación aeróbica del abono; se calcula que dentro de la mezcla debe existir una concentración de 6 a 10% de oxígeno, si en caso de exceso de humedad los micro poros

presentan un estado anaeróbico, se perjudica la aeración y consecuentemente se obtiene un producto de mala calidad (Picado & Añasco, 2005 citado por Gaviria y Albán, 2012, p. 30-31)

El tamaño de las partículas de los ingredientes: Picado & Añasco (2005) citado por Gaviria y Albán (2012 p. 31) afirman que la reducción del tamaño de las partículas de los componentes del abono, presenta la ventaja de aumentar la superficie para la descomposición microbológica. Sin embargo, el exceso de partículas muy pequeñas puede llevar a una compactación, favoreciendo el desarrollo de un proceso anaeróbico, que es desfavorable para la obtención de un buen abono orgánico fermentado. Cuando la mezcla tiene demasiado partículas pequeñas, se puede agregar relleno de paja o carbón vegetal.

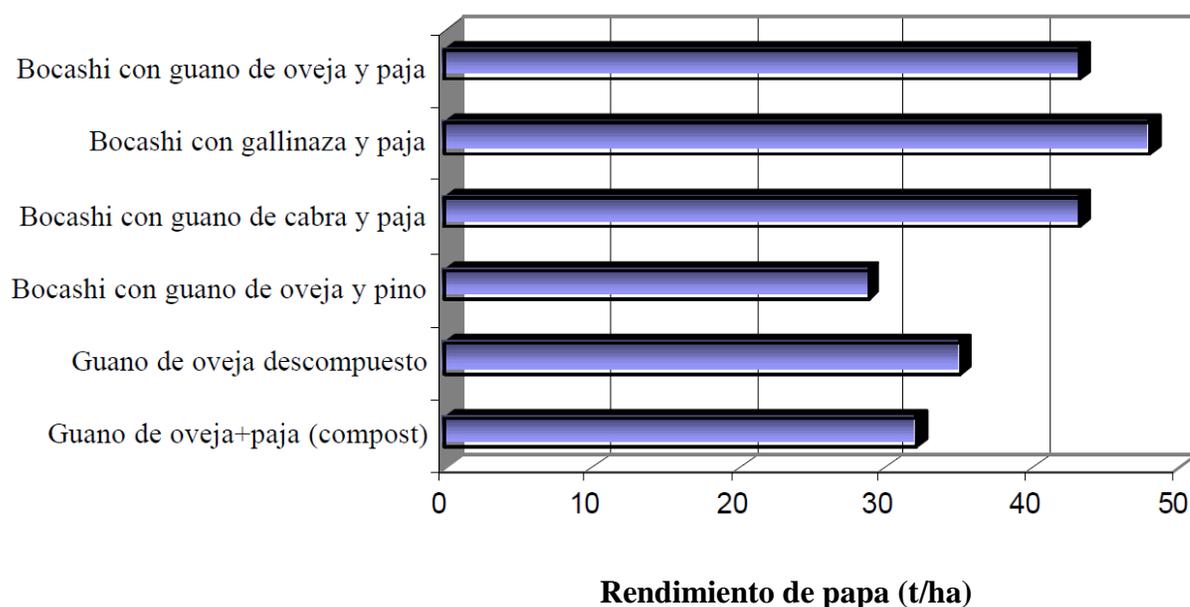
Relación carbono – nitrógeno: según Picado & Añasco (2005) citado por Gaviria y Albán (2012 p. 31) la relación ideal para la fabricación de un abono de rápida fermentación es de 25:35 una relación menor trae pérdidas considerables de nitrógeno por volatización, en cambio una relación mayor alarga el proceso de fermentación.

De acuerdo con Carbajal (2013) la agricultura moderna se caracteriza por la obtención de altos rendimientos mediante el uso de insumos agrícolas que, en muchos casos se usan de manera indiscriminada, causando en el mediano plazo el deterioro del medio ambiente. De acuerdo a las investigaciones realizadas, el efecto de la materia orgánica bocashi, biol o biolac ha contribuido a incrementar el rendimiento en las cosechas, reduciendo la necesidad de fertilizantes químicos, obteniendo beneficios económicos y ambientales, así mismo la

incorporación de la materia orgánica mejora las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo.

Loayza (s.f) desarrolló un estudio titulado “como producir más y conservar mejor” donde: se tiene varias experiencias de la utilización de los abonos orgánicos fermentados de tipo bocashi, principalmente en el cultivo de papa. En la ilustración 1 se muestran los resultados de rendimientos obtenidos con la incorporación de 20 t/ha de diferentes abonos orgánicos.

Ilustración 1. Rendimiento de papa (t/ha) en función de diferentes abonos orgánicos



Nota: Tomado de Loayza (s.f)

La incorporación de abonos orgánicos contribuye significativamente al aumento del nivel de fertilidad; los resultados obtenidos han demostrado que se puede aumentar significativamente los rendimientos del cultivo de papa (hasta 50%) incorporando abono orgánico fermentado al mismo tiempo que mejora la fertilidad del suelo (Loayza, s.f)

5.7 Fertilización inorgánica.

Según Alvarado (2008) citado por Espinoza (2015), el uso inadecuado de los fertilizantes químicos está provocando desbalances nutricionales en el suelo, lo cual afecta las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del mismo, reduciendo la productividad de las cosechas, porque estas extraen gran cantidad de nutrientes durante su ciclo productivo. Debido a esto surgen alternativas de producción que se basan en la utilización de abonos orgánicos como fuente de nutrición para las plantas.

5.7.1 Fertilizante 15-15-15.

Es un fertilizante complejo que, luego de exigentes procesos de calidad, resulta en gránulos estables de idéntica constitución en cuanto a su contenido de nitrógeno, fósforo y potasio, esta característica especial permite una mayor uniformidad en la aplicación y una mejor absorción de los nutrientes en el cultivo, haciendo eficiente, además, la manipulación y almacenaje del fertilizante (Monómeros, s.f).

Se utiliza en abonado de sementera o fondo en suelos equilibrados y para cultivos con necesidades equilibradas; se puede añadir un fertilizante nitrogenado simple posteriormente, en cobertera, para suministrar el nitrógeno necesario, esta formulación es baja en cloro para ayudar

al establecimiento del cultivo cuando es usado en aplicaciones a la base de un amplio rango de cultivos (Fertitienda, s.f).

Presenta una alta solubilidad en sus tres nutrientes, lo cual asegura su disponibilidad para los cultivos, ya que se disuelven fácilmente en el agua del suelo, permitiendo así un suministro eficaz para las plantas, la solubilidad de NUTRIMON 15-15-15 garantiza resultados óptimos en las diferentes etapas de la fertilización de cultivos (Monómeros, s.f).

Este es un fertilizante NPK, es decir, es un fertilizante que contiene:

Nitrógeno: básicamente hace que las plantas tengan un buen desarrollo de hojas y color verde intenso, hay que agregarlo periódicamente ya que se pierde con facilidad con el riego y la evaporación; en el césped, las aplicaciones de este nutriente hace que se vea más verde y con hojas más grandes y desarrolladas, pero hay que tener cuidado de no excederse ya que puede provocar quemaduras (Fertitienda, s.f).

El Nitrógeno del triple 15 "Balanceado": contiene dos formas de Nitrógeno en una relación (40% /60 %) Nitrógeno en forma de Nitrato rápidamente asimilable por la planta y una fuente de más lenta liberación como el Amonio (Fertitienda, s.f).

NPK 15-15-15 ofrece un bajo riesgo de pérdidas de nitrógeno por volatilización

Fósforo: su deficiencia origina un desarrollo débil y hojas de menor tamaño, con tonalidad azul verdosa, en florales interviene en la floración y en la formación de los frutos, en el césped, interviene activamente en el desarrollo de las raíces; en general, se aplica con la resiembra para

que se implante mejor; el Fósforo, que al no ser fijados en el suelo promueve el activo crecimiento radicular, lo que asegura en las plantas jóvenes junto con el Nitrógeno un buen comienzo o efecto inmediato (Fertitienda, s.f).

Potasio: ayuda a la asimilación de hidratos de carbono y su acumulación en los órganos de reserva; favorece la resistencia de las plantas a la sequía, el frío y las enfermedades, en el césped contribuye a que adquiera resistencia al pisoteo (Fertitienda, s.f).

Además contiene:

Azufre: el azufre es un elemento mayor en los vegetales, es muy importante para asegurar el contenido óptimo de clorofila en la hoja y la deficiencia de este elemento puede influenciar una pobre utilización del Nitrógeno (Fertitienda, s.f).

Monómeros (2007) desarrolló un estudio titulado “ensayo comercial de fertilización de la papa en suelos sulfatados ácidos de Boyacá” donde: el objetivo del ensayo fue determinar a nivel de campo y comercialmente, el efecto del rendimiento de papa (Diacol Capiro), con la aplicación de un plan de fertilización NUTRIMON en suelos sulfatados ácidos previamente tratados con una mezcla de enmiendas y materia orgánica. Se utilizó semilla de papa mejorada en dosis de 12 cargas/ha, sembradas a 1 m x 40 cm. La primera aplicación del fertilizante complejo granulado se hizo al momento de la siembra con el producto NUTRIMON 13-26-6 en dosis de 1.000 t/ha acompañado de una fuente de magnesio (silicato de magnesio en dosis de 200 kg/ha). La segunda aplicación de fertilizante complejo granulado se realizó al momento del deshierbe con NUTRIMON 15-15-15 en dosis de 1.000 kg/ha. Se complementó la fertilización edáfica con fertilización foliar basada en elementos menores. (Véase ilustración 2).

Los resultados obtenidos fueron:

Ilustración 2. Resultados del ensayo comercial de fertilización de la papa en suelos sulfatados ácidos de Boyacá

Plan de Fertilización	Rendimiento t/ha	
Aplicación de enmiendas y materia orgánica	Primera	9,3
	Tercera	2
	Riche	1,4
Total		12,7
Aplicación de enmiendas, materia orgánica. NUTRIMON 13-26-6 (siembra) NUTRIMON 15-15-15 (reabone)	Primera	22
	Tercera	4,7
	Riche	1,3
Total		28,0

Nota: Tomado de Monomeros (2007)

Con el plan de fertilización Nutrimon se obtuvo un incremento en rendimiento del 120%, cosechándose 15,3 t/ha, adicionales.

6. DISEÑO METODOLÓGICO.

6.2. Delimitación temporal y geográfica

- Este proyecto se llevó a cabo desde el 20 de noviembre de 2015 día del inicio de la producción de los fertilizantes orgánicos, hasta la cosecha de la papa criolla programada para el 28 de julio con un periodo vegetativo de 120 días.

- Este trabajo se llevó a cabo en la Finca Santo Domingo, vereda Buenos Aires Bajo del municipio de La Calera, en una franja de 20 m²

6.3. Universo y Muestra

En esta investigación se trabajó con papa criolla de la variedad Colombia.

Universo: para la presente investigación se trabajó un área de 20m² en el cual se sembraron 60 plantas, lo cual corresponde a la población; así mismo, todas las plantas fueron tenidas en cuenta para el análisis estadístico, para obtener una mayor precisión en los resultados.

Muestra: Para la presente investigación se usaron 60 plantas.

6.4. Diseño Experimental

6.4.1. Modelo Estadístico

De acuerdo a las características del experimento, utilizó diseño completo al azar, bajo el siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + T_{ij} + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Es la respuesta del i – ésimo individuo sometido al j – ésimo tratamiento

μ = Es la media poblacional

T_{ij} = Es el efecto de cada uno de los tratamientos

E_{ij} = Es el error experimental

Sujeto a las siguientes hipótesis:

H_0 : (hipótesis nula): no existe diferencia entre los diferentes tratamientos.

H_1 (hipótesis alterna): al menos uno de los tratamientos es diferente a los demás.

6.4.2. Descripción de los tratamientos

Para la presente investigación se utilizaron tres tratamientos los cuales fueron:

- HL: Humus de lombriz
- FB: Fertilizante bocashi
- TI: fertilizante 15-15-15.

Tabla 3. Tratamientos aplicados

Tratamiento	Descripción	Dosis	Épocas específicas de aplicación
HL	Humus de lombriz	200 g	La dosis de fertilizante se fracciona en dos aplicaciones: 50% al momento de la siembra el 28 de marzo de 2016 y el restante 50% en el momento del aporte 45 días después el 14 de mayo de 2016
FB	Fertilizante bocashi	200g	La dosis de fertilizante se fracciona en dos aplicaciones: 50% al momento de la siembra el 28 de marzo de 2016 y el

			restante 50% en el momento del aporque 45 días después.
TI	Testigo inorgánico (15-15-15)	80g	La dosis de fertilizante se fracciona en dos aplicaciones: 50% al momento de la siembra el 28 de marzo de 2016 y el restante 50% en el momento del aporque 45 días después el 14 de mayo de 2016

Nota: Tomado de autor.

6.4.3. Unidad Experimental

Se utilizaron 60 unidades experimentales, las cuales correspondían a las 60 plantas de papa criolla sometidas a los tratamientos correspondientes.

6.4.4. Distribución de los tratamientos

Los tratamientos fueron distribuidos en una franja de 20m² (10m x 2m)

Cada uno de los tratamientos se dividió en 4 surcos, cada uno con 5 plantas.

6.4.5. Croquis de Campo

Esta investigación se llevó a cabo en la finca Santo Domingo ubicada en la vereda Buenos Aires Bajo del municipio de La Calera en el lote número 3, con las siguientes coordenadas 4° 42' 35.6342'' N, 73° 56' 19.2419'' W. (véase ilustración 3 y 4)

Ilustración 3. Municipio de La Calera - Cundinamarca



Nota: Tomado de google maps.

Ilustración 4. Vereda Buenos Aires Bajo, finca Santo Domingo, La Calera - Cundinamarca



Nota: Tomado de google maps.

6.4.6. Establecimiento del experimento en Campo

Para lograr establecer el cultivo en el campo se realizaron las siguientes actividades:

- Selección del terreno donde se sembraría el cultivo.
- Elección de la época del año adecuada, la cual cumpliera con los requerimientos de cultivo.
- Adecuación del terreno, donde se realizó un pastoreo para reducir la cantidad de forraje presente en el lugar. A continuación se preparó el terreno con la ayuda de un tractor, finalmente se procedió a dividir el lugar en hileras para la posterior siembra.

6.5. Manejo del experimento

6.5.1. Preparación de los fertilizantes

6.5.1.1. Preparación del humus de lombriz

Para la preparación del humus de lombriz se utilizaron los siguientes materiales y el siguiente procedimiento.

- Pie de cría: en la fotografía 6 se muestra el pie de cría utilizado el cual consistió en lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*).
- 4 canastillas plásticas
- Sustrato orgánico: compuesto por tierra, y desechos orgánicos en las siguientes proporciones:
 - Cáscara de papa: 10%
 - Cáscaras de fruta (banano, piña, mango, aguacate, guayaba, curuba): 10%
 - Residuos vegetales: 20%
 - Fruta en descomposición (mango, plátano, tomate): 60%
- Cal

Se implementó el procedimiento descrito por Henríquez y Mora (s.f). En la fotografía 5 se muestra el pesaje de la lombriz para aplicar la misma cantidad en cada canastilla.

Fotografía 1. Pesaje de materia prima para la producción del humus de lombriz



Nota: Tomado de autor

Fotografía 2. Lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*).



Nota: Tomado de autor

6.5.1.2. Preparación del Fertilizante Bocashi

Para la preparación del fertilizante orgánico fermentado bocashi se utilizaron las siguientes materias primas y se realizó una posterior mezcla y preparación.

- 4 bultos de estiércol fresco disponible
- 4 bultos de cascarilla de arroz
- 4 bultos de tierra del lugar sin piedras ni terrones
- 1,5 bultos de carbón vegetal
- 0,2 bultos salvado de trigo
- 0,5 libras levadura
- 1 litro de melaza

Preparación: Se implementó el procedimiento descrito por Bejarano y Restrepo (2002)

Fotografía 3. Materias primas listas para ser mezcladas.



Nota: Tomado de autor

Fotografía 4. Bocashi preparado



Nota: Tomado de Autor

6.5.1.3. Adquisición del Fertilizante 15-15-15

Se realizó fertilización con un fertilizante químico comercial que es utilizado regularmente por los productores de la región cundiboyacense como es el 15-15-15, que para este caso se utilizó con el nombre comercial de nutrimon, es un fertilizante granulado (Véase ilustración 5).

Ilustración 5. Fertilizante 15-15-15



Nota: Tomado de nutriron S.A

6.5.2 Preparación del suelo.

Se preparó el terreno mediante labranza convencional realizando un pase de arado cincel y retovator, en la fotografía 2 se muestra el terreno preparado donde posteriormente se realizó la división del terreno en surcos lo cual se muestra en la fotografía 3 y 4. La aplicación de enmiendas se hizo de acuerdo al análisis de suelos (ver anexo 4), en este caso se hizo necesario

La aplicación de compost buscando aumentar la cantidad de materia orgánica en dosis de 2 kg por tratamiento.

Fotografía 5. Preparación del terreno



Nota: Tomado de autor

Fotografía 6. División del terreno por surcos



Nota: Tomado de autor

Fotografía 7. Surcos terminados



Nota: Tomado de autor

6.5.2.1. Siembra

La siembra se realizó utilizando tubérculos de tamaño considerado mediano, libre de cualquier tipo de plaga o enfermedad.

Para la presente investigación Se utilizó un marco de plantación de 0.8m x 0.25m. Con este marco de plantación se plantaron 60 plantas separadas en 12 surcos, cada uno con 5 plantas.

6.5.2.2. Control de malezas

El control de malezas se realizó de manera manual. Esta práctica se realizó junto con el aporque.

La maleza predominante fue: *polygonum nepalense meisn* conocida comúnmente por varios nombre entre los cuales se destacan: herejía, barbasco, mata ganado, Olaya, entre otros. (Véase ilustración 6)

Ilustración 6. *Polygonum nepalense* Meisn



Nota: Tomado de Tenorio (s.f)

6.5.2.3. Fertilización

Se realizaron dos métodos de fertilización una orgánica (bocashi y humus de lombriz) y otra química (15-15-15)

Se llevó a cabo una primera aplicación de cada uno de los fertilizantes empleados: Humus de lombriz, bocashi y 15-15-15 (Nutrimon) al inicio de la siembra en dosis de 100 g para los fertilizantes orgánicos y 40 g para el químico.

Transcurridos 45 días, se realizó la práctica del aporque, momento en el cual se incorporó la segunda dosis de los fertilizantes en la misma proporción.

6.5.2.4. Riego

No se realizó ningún tipo de riego artificial, se aprovechó la época de lluvias en la región, teniendo en cuenta que las precipitaciones suplieron de forma adecuada los requerimientos hídricos, para el desarrollo vegetativo y productivo del cultivo.

6.5.2.5. Prevención y Control sanitario

Para la prevención y el control de enfermedades se utilizó el caldo bordelés, el cual es un fungicida orgánico utilizado para controlar las enfermedades causadas por hongos, como es la gota de la papa, el cual es el principal problema de este cultivo en época de invierno.

6.5.2.6. Cosecha

La cosecha del cultivo se realizó el 28 de julio de 2016, teniendo en cuenta su ciclo vegetativo y utilizando el principal índice de cosecha, secado de los tallos de la planta.

6.5.3. Selección de Variables

Las variables seleccionadas para dar cumplimiento a los objetivos propuestos fueron:

- Tamaño de los tubérculos: cantidad de tubérculos grandes, medianos y pequeños o comúnmente conocidos como papa gruesa, pareja y riche. (comúnmente utilizados comercialmente)
- Rendimiento del cultivo: Número y peso de los tubérculos
- Costos de producción del cultivo.

6.5.4. Metodología para determinar Análisis Económico

Para determinar el análisis económico se compararon los costos de producción de cada uno de los tratamientos, adicionalmente la cantidad de producto cosechado, y el precio de venta esperado.

Al finalizar la comparación de cada uno de los resultados obtenidos se determinó cual era el mejor tratamiento en cuanto los parámetros establecidos anteriormente.

6.5.5. Metodología para determinar rentabilidad.

Para determinar el rendimiento del cultivo se empleó la siguiente fórmula matemática:

Rendimiento: Cantidad producida/ área cultivada entonces: kg/ha

6.5.6. Metodología para el cálculo de Rentabilidad

Para determinar la rentabilidad del cultivo se utilizó la siguiente fórmula matemática:

$$R = \left(\frac{p-c}{p} \right) * 100 \text{ donde:}$$

R: Rentabilidad

P: Precio de venta

C: Costo de producción: se tuvieron en cuenta aspectos inherentes a la producción de papa como son: disponibilidad de los fertilizantes, la facilidad de elaboración, la disponibilidad de mano de obra, transporte, entre otros.

6.6. APLICACIÓN DE FERTILIZANTES

La aplicación de los fertilizantes se realizó en corona como lo muestran las fotografías 9, 10 y 11.

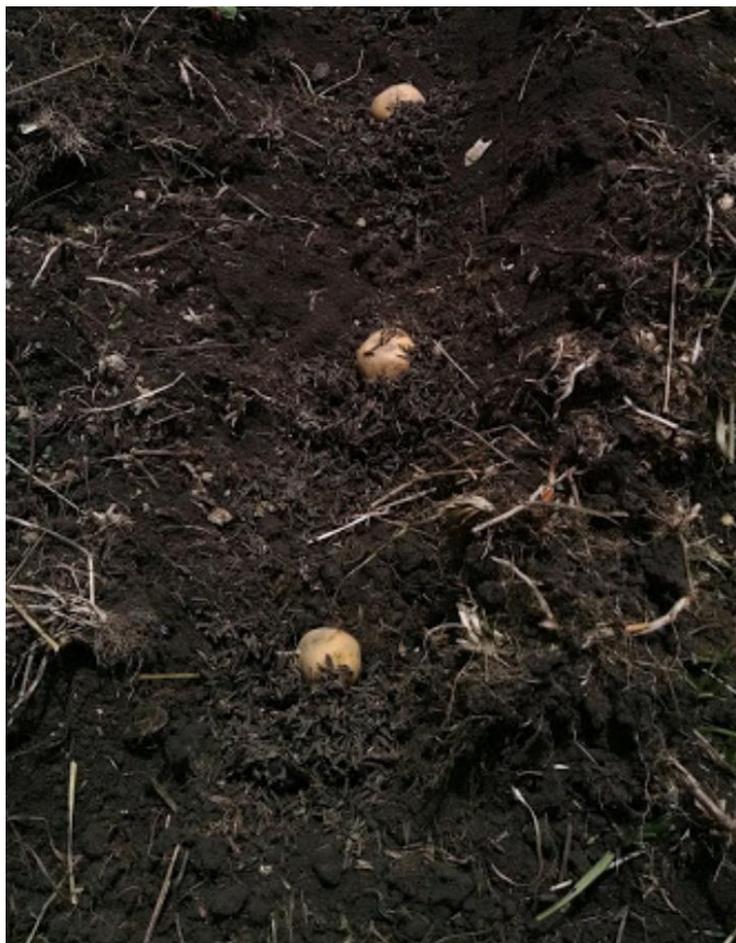
La dosis aplicada fue seleccionada con base en el análisis de suelo y en los análisis bromatológicos de los fertilizantes orgánicos, bajo el criterio del tutor anterior y de algunos productores de la zona (véase anexos 12 y 13).

Fotografía 8. Aplicación del fertilizante 15-15-15



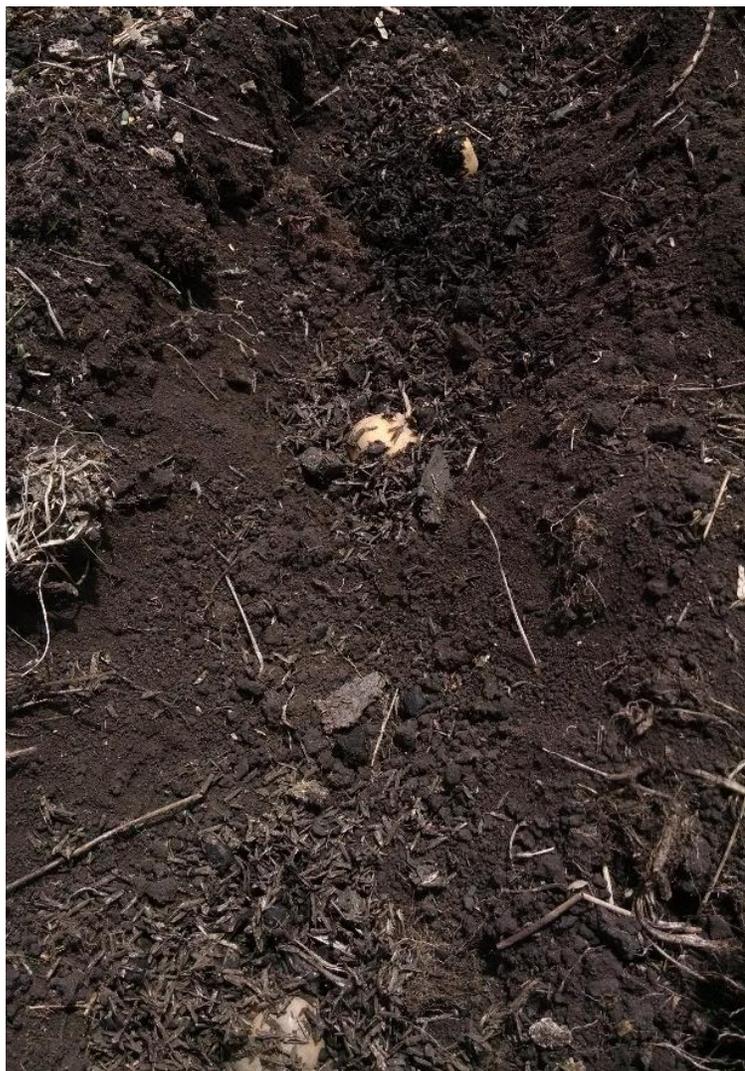
Nota: Tomado de autor

Fotografía 9. Aplicación del humus de lombriz



Nota: Tomado de autor

Fotografía 10. Aplicación de bocashi



Nota: Tomado de autor

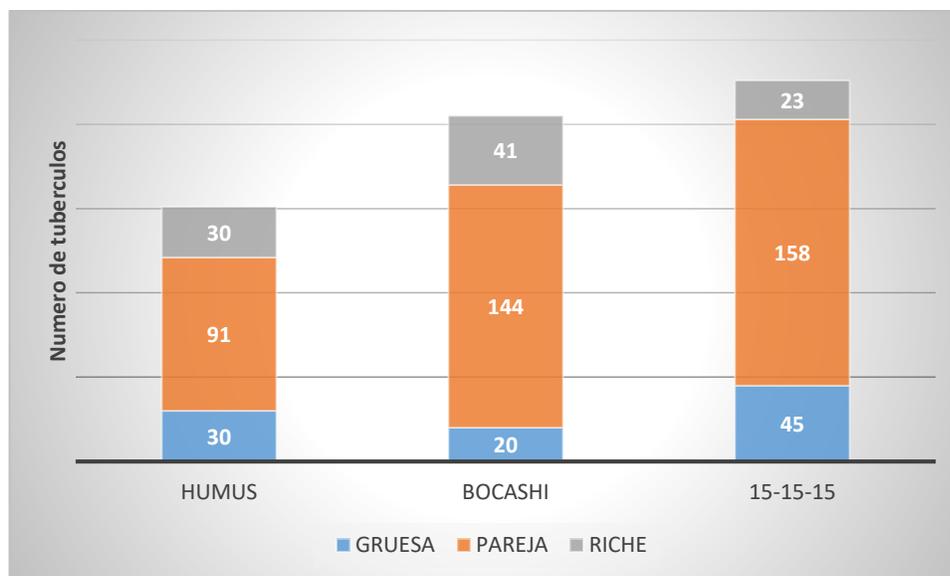
7. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Variable: Tamaño de tubérculos.

En el cultivo de papa criolla se pueden encontrar tres tamaños de tubérculos los cuales son conocidos comercialmente con el nombre de riche, pareja y gruesa. En la gráfica 1 se presenta el número de tubérculos producidos por cada tratamiento separado por los tamaños mencionados anteriormente.

El análisis de varianza (ver anexo 2) muestra que hay diferencias significativas ($p < 0,05$) para la variable tamaño de tubérculo, lo cual coincide con lo reportado por Arias, Bustos & Ñúztez (1996) quienes concluyen que densidades altas de siembra en el cultivo de “yema de huevo” favorecen el incremento de tubérculos pequeños, lo cual puede ser favorable o desfavorable, dependiendo del destino final de la producción del tubérculo.

Gráfica 1. Comparación por tamaño del número de tubérculos producidos por cada tratamiento.

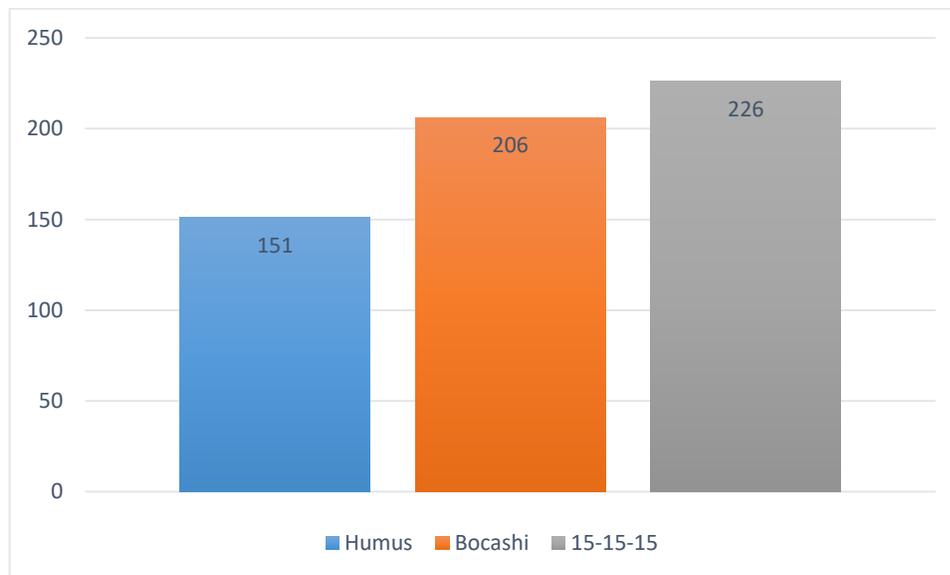


Nota: Tomado de autor

Como se puede observar en la gráfica 1 el tamaño del tubérculo de este estudio oscilo entre parejos y riches, lo cual coincide con lo reportado por (Guerra, 1989) citado por Ligarreto & Suárez (2003) donde los tubérculos destinados a la fabricación de papa precocida enlatada o congelada deben ser de bajo calibre (clase 2 y 3) y tener buena consistencia durante la cocción (ausencia de ruptura en el momento del escaldado), su gravedad especifica (GE) superior a 1.080, piel blanca o crema, libre de daños y enfermedades, y textura firme.

El análisis de varianza (ver anexo 1) muestra que hay diferencias significativas ($p < 0,05$) para la variable tamaño de tubérculo. En la gráfica 2 se presenta el número de tubérculos obtenidos por tratamiento.

Grafica 2. Número de tubérculos producidos por tratamiento



Nota: Tomado de autor

Se puede observar que el testigo (15-15-15) obtuvo la mayor cantidad de tubérculos con 226, seguido por el bocashi obteniendo 205 sin embargo, entre estos dos tratamientos no se presentan diferencias significativas; finalmente el tratamiento con menor número fue el humus de lombriz con unas 151 unidades.

Por otra parte, el tratamiento HL obtuvo una producción promedio de 7,55 tubérculos por planta, el tratamiento FB 10,25 y el tratamiento TQ 11,25. Los resultados obtenidos en la presente investigación contrasta con lo reportado por Santamaría, Montañez & Sánchez (2010) quienes afirman que el tratamiento de producción limpia mostró un mayor número de tubérculos en promedio con 34.15 por planta.

Variable: rendimiento del cultivo.

Para determinar el rendimiento del cultivo se usó la siguiente fórmula:

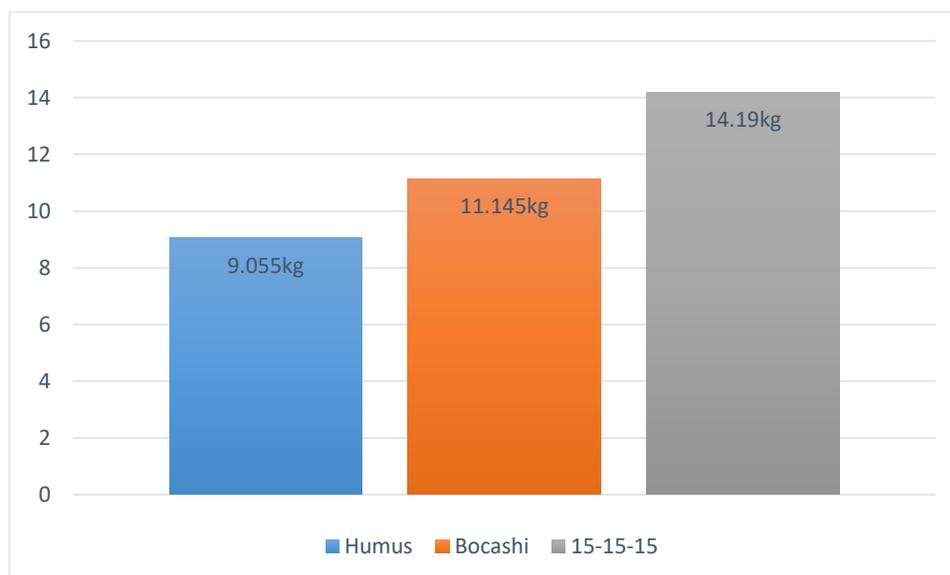
Rendimiento: Cantidad producida/ área cultivada.

Adicionalmente, se encontró el rendimiento promedio de planta por tratamiento para lo cual se usó la siguiente fórmula:

Kilogramos de papa/ número de plantas.

El análisis de varianza (ver anexo 3) muestra que hay diferencias significativas ($p < 0,05$) para la variable rendimiento del cultivo. En la gráfica 3 se presenta el rendimiento en kilogramos de papa por tratamiento.

Gráfica 3. Rendimiento de papa por tratamiento.

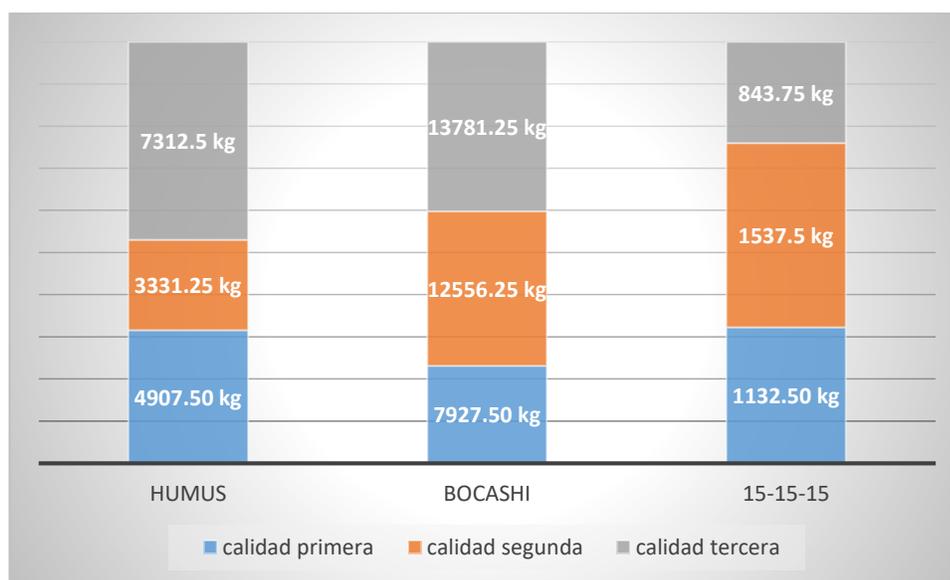


Nota: Tomado de autor

El mayor peso alcanzado fue para el tratamiento TI, seguido por el FB, con 14,19 kg y 11,145 kg respectivamente donde no se encontraron diferencias significativamente, lo cual quiere decir que estadísticamente estos tratamientos son iguales.

Por otra parte, el tratamiento HL obtuvo un rendimiento promedio de 452,75g por planta, el tratamiento FB 557,25g y el tratamiento TQ 709,5g. En la gráfica 4 se presenta el rendimiento del cultivo en una hectárea, separado por calidad.

Grafica 4. Comparación por calidad del peso de tubérculos producidos por cada tratamiento extrapolado a una hectárea.



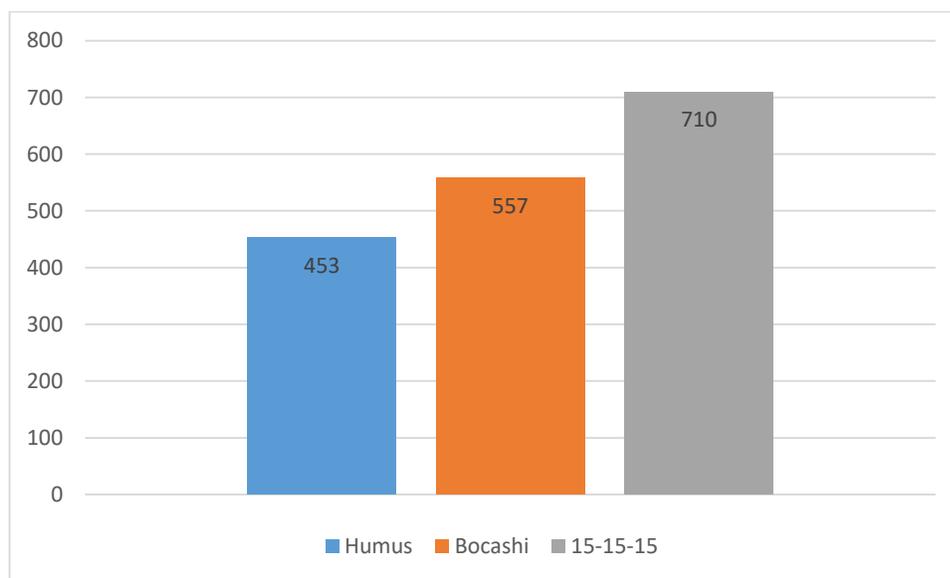
Nota: Tomado de autor

En el presente trabajo las producciones extrapoladas a una hectárea fueron las siguientes: 13.967,5 kg (13.9 t) utilizando humus de lombriz, 17.425 kg (17.4 t) con el bocashi y 21.937,5 kg (21.9 t) con el 15-15-15, las cuales son superiores en su mayoría con lo mencionado por EVA

& MADR (2017) donde reportaron que para el año 2014 la el rendimiento del cultivo de papa criolla fue de 15,06 t/ha en el departamento de Cundinamarca.

En la gráfica 5 se representan los promedios de gramos producidos por una planta en cada uno de los tratamientos.

Grafica 5. Promedio g/planta entre tratamientos



Nota: Tomado de autor

Se puede observar que el TI obtuvo el mayor promedio de g/planta con 710g seguido por el FB con 557g, el valor más bajo lo obtuvo el tratamiento HL con 453g. Los anteriores resultados son similares a lo reportado por el grupo de investigación en papa (s.f) donde el rendimiento g/planta es menor a 600g para la variedad criolla Colombia, la cual fue utilizada en la presente investigación.

Variable: Costos de producción del cultivo con cada tratamiento

Para realizar los costos de producción de la papa criolla se basó en cada uno de los gastos en los que se incurrieron a lo largo de la fase experimental. Luego de esto se extrapolo a una hectárea.

Por otra parte, se determinó la utilidad y la rentabilidad que tendría cada uno de los tratamientos aplicados a una hectárea.

Tabla 4. Costos de producción de papa criolla (*Solanum phureja*) utilizando fertilizante bocashi por hectárea

COSTOS DE PRODUCCION DE PAPA CRIOLLA							
ACTIVIDADES		UNIDAD	CANT.	VALOR UNIT.	VALOR TOTAL	PORCENTAJE DE PARTICIPACION	
1. LABORES							
1.1 PREPARACION DEL SUELO							
Cincelada		Hora-tractor	3	\$ 35.000,00	\$ 105.000,00	7,10%	
Retoveteada		Hora-tractor	3	\$ 35.000,00	\$ 105.000,00		
Surcada		Jornal	10	\$ 30.000,00	\$ 300.000,00		
Aplicación de enmiendas	Compost	Jornal	10	\$ 30.000,00	\$ 300.000,00		
Subtotal:					\$ 810.000,00		
1.2. SIEMBRA							
Siembra, abonada y tapada		Jornal	10	\$ 30.000,00	\$ 300.000,00	2,60%	
Subtotal:					\$ 300.000,00		
1.3. LABORES CULTURALES							
Aporque		Jornal	5	\$ 30.000,00	\$ 150.000,00	11,90%	
Control sanitario							
Aplicación de fungicidas		Jornal	10	\$ 30.000,00	\$ 300.000,00		
Aplicación de insecticidas		Jornal	10	\$ 30.000,00	\$ 300.000,00		
Control de malezas							
Control manual		Jornal	10	\$ 30.000,00	\$ 300.000,00		
Fertilización							

Fertilizante orgánico		Jornal	10	\$ 30.000,00	\$ 300.000,00		
Subtotal:					\$ 1.350.000,00		
1.4 COSECHA							
Recolección		Jornal	20	\$ 30.000,00	\$ 600.000,00	15,40%	
Transporte interno		jornal	1	\$ 30.000,00	\$ 30.000,00		
Empacado		Jornal	4	\$ 30.000,00	\$ 120.000,00		
Transporte externo		Unidad	1	\$ 1.000.000,00	\$ 1.000.000,00		
Subtotal:					\$ 1.750.000,00		
2. INSUMOS							
Semilla	Criolla Colombia	Kilo	900	\$ 4.000,00	\$ 3.600.000,00	36,90%	
Fertilización							
Enmiendas	Compost	Bulto	12	\$ 5.000,00	\$ 60.000,00		
Fertilizante compuesto	Bocashi	Bulto	30	\$ 5.000,00	\$ 150.000,00		
Control sanitario							
Fungicida 1	Mansate	Kilo	8	\$ 13.000,00	\$ 104.000,00		
Fungicida 2	Cursate	Kilo	8	\$ 12.000,00	\$ 96.000,00		
Fungicida 3	Forum	Bolsa	8	\$ 9.000,00	\$ 72.000,00		
Herbicida	Dramoxone	Litro	1	\$ 15.000,00	\$ 15.000,00		
Insecticida	Latigo	Litro	2	\$ 15.000,00	\$ 30.000,00		
Subtotal:					\$ 4.127.000,00		
3. EMPAQUE							
Costal	Costal	Unidad	350	\$ 800,00	\$ 280.000,00	2,40%	
Subtotal:					\$ 280.000,00		
4. OTROS COSTOS							
Administración					\$ 689.954,00	23,90%	
Arriendo					\$ 2.000.000,00		
Subtotal:					\$ 2.689.954,00		
TOTAL:					\$ 11.306.954,00	100%	
Ingresos							
Costo de producción	\$ 11.306.954,00						
Precio de venta	\$ 13.761.675,00						
Utilidad	\$ 2.454.721,00						
Rentabilidad	17,8						

Se puede observar que los costos de producción de la papa criolla (*Solanum phureja*) utilizando el fertilizante conocido como bocashi el cual es obtenido a partir de la fermentación utilizando diferentes materias primas donde la fuente de la fermentación es la levadura, tuvo un costo de \$ 11.306.954,00, donde los costos más altos se encuentran en la semilla y el arriendo del terreno.

Tabla 5. Costos de producción de papa criolla (*Solanum phureja*) utilizando fertilizante 15-15-15 por hectárea

COSTOS DE PRODUCCION DE PAPA CRIOLLA							
ACTIVIDADES		UNIDA D	CAN T.	VALOR UNIT.	VALOR TOTAL	PORCENTAJE DE PARTICIPACION	
1. LABORES							
1.1 PREPARACION DEL SUELO							
Cincelada		Hora- tractor	3	\$ 35.000,00	\$ 105.000,00	6,50%	
Retoveteada		Hora- tractor	3	\$ 35.000,00	\$ 105.000,00		
Surcada		Jornal	10	\$ 30.000,00	\$ 300.000,00		
Aplicación de enmiendas	Compost	Jornal	10	\$ 30.000,00	\$ 300.000,00		
Subtotal:					\$ 810.000,00		
1.2. SIEMBRA							
Siembra, abonada y tapada		Jornal	10	\$ 30.000,00	\$ 300.000,00	2,40%	
Subtotal:					\$ 300.000,00		
1.3. LABORES CULTURALES							
Aporque		Jornal	5	\$ 30.000,00	\$ 150.000,00	10,90%	
Control sanitario							
Aplicación de fungicidas		Jornal	10	\$ 30.000,00	\$ 300.000,00		
Aplicación de insecticidas			10	\$ 30.000,00	\$ 300.000,00		
Control de malezas							
Control manual		Jornal	10	\$ 30.000,00	\$ 300.000,00		
Fertilización							
Fertilizante químico		Jornal	10	\$ 30.000,00	\$ 300.000,00		
Subtotal:					\$ 1.350.000,00		

1.4 COSECHA						
Recolección		Jornal	20	\$ 30.000,00	\$ 600.000,00	14,10%
Transporte interno		jornal	1	\$ 30.000,00	\$ 30.000,00	
Empacado		Jornal	4	\$ 30.000,00	\$ 120.000,00	
Transporte externo		Unidad	1	\$ 1.000.000,00	\$ 1.000.000,00	
Subtotal:					\$ 1.750.000,00	
2. INSUMOS						
Semilla	Criolla Colombia	Kilo	900	\$ 4.000,00	\$ 3.600.000,00	41,40%
Fertilización						
Enmiendas	Compost	Bulto	12	\$ 5.000,00	\$ 60.000,00	
Fertilizante compuesto	15-15-15	Bulto	15	\$ 77.000,00	\$ 1.155.000,00	
Control sanitario						
Fungicida 1	Mansate	Kilo	8	\$ 13.000,00	\$ 104.000,00	
Fungicida 2	Cursate	Kilo	8	\$ 12.000,00	\$ 96.000,00	
Fungicida 3	Forum	Bolsa	8	\$ 9.000,00	\$ 72.000,00	
Herbicida	Dramoxone	Litro	1	\$ 15.000,00	\$ 15.000,00	
Insecticida	Latigo	Litro	2	\$ 15.000,00	\$ 30.000,00	
Subtotal:					\$ 5.132.000,00	
3. EMPAQUE						
Costal	Costal	Unidad	440	\$ 800,00	\$ 352.000,00	2,80%
Subtotal:					\$ 352.000,00	
4. OTROS COSTOS						
Administración					\$ 689.954,00	21,70%
Arriendo					\$ 2.000.000,00	
Subtotal:					\$ 2.689.954,00	
TOTAL:					\$ 12.383.954,00	100%
Ingresos						
Costo de producción	\$ 12.383.954,00					
Precio de venta	\$ 15.219.625,00					
Utilidad	\$ 2.835.671,00					
Rentabilidad	18,6					

Se puede observar que los costos de producción de la papa criolla (*Solanum phureja*) utilizando el fertilizante conocido como 15-15-15 tuvo un costo de \$ 12.383.954,00, donde los costos más altos se encuentran en la semilla, en el precio del fertilizante y en el arriendo del terreno.

Tabla 6. Costos de producción de papa criolla (*Solanum phureja*) utilizando humus de lombriz por hectárea

COSTOS DE PRODUCCION DE PAPA CRIOLLA							
ACTIVIDADES		UNIDAD	CANT.	VALOR UNIT.	VALOR TOTAL	PORCENTAJE DE PARTICIPACION	
1. LABORES							
1.1 PREPARACION DEL SUELO							
Cincelada		Hora-tractor	3	\$ 35.000,00	\$ 105.000,00	7%	
Retoveteada		Hora-tractor	3	\$ 35.000,00	\$ 105.000,00		
Surcada		Jornal	10	\$ 30.000,00	\$ 300.000,00		
Aplicación de enmiendas	Compost	Jornal	10	\$ 30.000,00	\$ 300.000,00		
Subtotal:					\$ 810.000,00		
1.2. SIEMBRA							
Siembra, abonada y tapada		Jornal	10	\$ 30.000,00	\$ 300.000,00	2,50%	
Subtotal:					\$ 300.000,00		
1.3. LABORES CULTURALES							
Aporque		Jornal	5	\$ 30.000,00	\$ 150.000,00	11%	
Control sanitario							
Aplicación de fungicida		Jornal	10	\$ 30.000,00	\$ 300.000,00		
Aplicación de insecticida		Jornal	10	\$ 30.000,00	\$ 300.000,00		
Control de malezas							
Aplicación de herbicida		Jornal	10	\$ 30.000,00	\$ 300.000,00		
Fertilización							
Fertilizante orgánico		Jornal	10	\$ 30.000,00	\$ 300.000,00		
Subtotal:					\$ 1.350.000,00		
1.4 COSECHA							

Recolección		Jornal	20	\$ 30.000,00	\$ 600.000,00	15%	
Transporte interno		jornal	1	\$ 30.000,00	\$ 30.000,00		
Empacado		Jornal	4	\$ 30.000,00	\$ 120.000,00		
Transporte externo		Unidad	1	\$ 1.000.000,00	\$ 1.000.000,00		
Subtotal:					\$ 1.750.000,00		
2. INSUMOS							
Semilla	Criolla Colombia	Kilo	900	\$ 4.000,00	\$ 3.600.000,00	40%	
Fertilización							
Enmiendas	Compost	Bulto	12	\$ 5.000,00	\$ 60.000,00		
Fertilizante orgánico	Humus de lombriz	Bulto	20	\$ 35.000,00	\$ 700.000,00		
Control sanitario							
Fungicida 1	Mansate	Kilo	8	\$ 13.000,00	\$ 104.000,00		
Fungicida 2	Cursate	Kilo	8	\$ 12.000,00	\$ 96.000,00		
Fungicida 3	Forum	Bolsa	8	\$ 9.000,00	\$ 72.000,00		
Herbicida	Dramoxone	Litro	1	\$ 15.000,00	\$ 15.000,00		
Insecticida	Latigo	Litro	2	\$ 15.000,00	\$ 30.000,00		
Subtotal:					\$ 4.677.000,00		
3. EMPAQUE							
Costal	Costal	Unidad	280	\$ 800,00	\$ 224.000,00	2%	
Subtotal:					\$ 224.000,00		
4. OTROS COSTOS							
Administración					\$ 689.954,00	23%	
Arriendo					\$ 2.000.000,00		
Subtotal:					\$ 2.689.954,00		
TOTAL:					\$ 11.800.954,00	100%	
Ingresos							
Costo de producción						\$ 11.800.954,00	
Precio de venta						\$ 10.796.500,00	
Utilidad						-\$ 1.004.454,00	
Rentabilidad						- 9,3	

Se puede observar que los costos de producción de la papa criolla (*Solanum phureja*) utilizando el humus de lombriz el cual se obtiene de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*)

tuvo un costo de \$ 11.800.954,00, donde los costos más altos se encuentran en la semilla y en el arriendo del terreno.

Se debe tener en cuenta que para obtener el humus de lombriz se requiere de una inversión inicial en infraestructura, mano de obra, pie de cría, entre otros gastos. Por ende la primera producción ocasionará una utilidad negativa para el productor, ya que incurrió en unos gastos para producir el fertilizante y eso elevó el costo del abono. Por lo tanto para futuras producciones el costo del humus bajará al no tener que ser necesario una nueva inversión para su producción.

Según el ministerio de agricultura (2016), para el año 2016 los costos de producción para una hectárea de papa fueron de \$14.972.000 lo cual es mayor a lo encontrado en este proyecto. Por otra parte, se obtuvo una rentabilidad del 18%, lo cual es similar a los resultados encontrados en la presente investigación a excepción del tratamiento HL en donde la rentabilidad fue de -9.3.

8. CONCLUSIONES

- La mayor cantidad de tubérculos de tamaño grueso y parejo se obtuvo mediante el uso del 15-15-15, obteniendo 45 y 158 tb respectivamente. Sin embargo, el mayor número de tubérculos riches se obtuvo mediante el uso del bocashi con 41 tb.
- Se reportó que usando un método de fertilización orgánico se obtienen los mismos resultados que usando un método de fertilización inorgánico.
- El análisis de suelo es fundamental para lograr una adecuada nutrición del cultivo.
- Los costos de producción más bajos fueron mediante el uso de la fertilización orgánica, debido a que las materias prima para su producción son de bajo costo ya que en su mayoría estos abonos son elaborados con desechos orgánicos obtenidos de las fincas.
- La mejor rentabilidad fue obtenida por el abono inorgánico (15-15-15) con un porcentaje de rentabilidad del 18,6%, seguido por el fertilizante bocashi con una rentabilidad del 17,8%, pero siendo tan poco el margen de diferencia sería mejor utilizar el tratamiento FB, lo cual puede beneficiar al productor y al medio ambiente.

9. RECOMENDACIONES

- Utilizar el fertilizante bocashi ya que, tiene un menor costo de producción y un buen rendimiento.
- Realizar un estudio con distintos tipos de bocashi, para analizar cuál de ellos mejora la productividad de la papa criolla.
- Realizar un posterior proyecto de investigación en el cual se evalué la producción de papa criolla (*Solanum phureja*), bajo diferentes niveles de aplicación del fertilizante bocashi, para evaluar el nivel óptimo de aplicación.
- Realizar un análisis de mercado buscando un mejor precio y una oportunidad de posicionar el producto en el mercado, ya que se trata de un producto limpio el cual, es producido utilizando un fertilizante orgánico.

10. BIBLIOGRAFIA

- Agroflor (s.f). Manual lombricultura. Recuperado de <http://agro.unc.edu.ar/~biblio/Manual%20de%20Lombricultura.pdf>
- Arias, V., Bustos, P. & Nùztez. (1996). Evaluación del rendimiento en papa criolla (*Solanum phureja*) variedad “yema de huevo”, bajo diferentes densidades de siembra en la sabana de Bogotá. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/27581/1/25442-89478-1-PB.pdf>
- Angelfire (2001). Papa criolla. Recuperado de http://www.angelfire.com/ia2/ingenieriaagricola/papa_criolla.htm
- Bejarano, C. & Restrepo, J. (2002). Abonos orgánicos, fermentados tipo bocashi, caldos minerales y biofertilizantes. Recuperado de <http://maonic.org/files/publicaciones/Abonos%20organicos.pdf>
- Carvajal, A. (2013). Usos potenciales del humus (abono orgánico lixiviado y sólido) en la empresa fertilombriz. (Trabajo de práctica empresarial). Corporación universitaria la sallista, Caldas, Colombia.
- Carbajal, R. (2013). Efecto de bocashi, biolac y biol en la producción del cultivo de cebolla (*Allium cepa L.*) en condiciones de Acobamba – Huancavelica. (Tesis de grado, Universidad nacional de Huancavelica). Recuperado de <http://181.65.181.124/bitstream/handle/UNH/157/TP%20-%20UNH%20AGRON.%2000038.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Corpoica, (2010). Evaluación de tres variedades comerciales de papa criolla en sus características agroindustriales bajo el efecto de N-K, en tres municipios de Antioquia. Recuperado de http://digitool.gsl.com.mx:1801/view/action/singleViewer.do?dvs=1487365952120~98&locale=es_ES&VIEWER_URL=/view/action/singleViewer.do?&DELIVERY_RULE_ID=10&application=DIGITool-3&frameId=1&usePid1=true&usePid2=true
- EVA & MADR. (2017). Rendimiento en toneladas por hectárea de papa criolla. Recuperado de <http://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/default.aspx>
- Espinoza, M. (2015). Evaluación de tres niveles de fertilización orgánica, (compost) con tres densidades de siembra en el cultivo de papa variedad iniap puca shungo (*solanum andígena*) con tecnología limpia, en la parroquia Pastocalle, Latacunga, Cotopoxi. 2013. (Tesis de grado, Universidad técnica de Cotopoxi). Recuperado de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/2533/1/T-UTC-00070.pdf>
- Estrada, V. (2013). Respuesta de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum L.*) a la fertilización química y orgánica en San Pedro de Guayabal, cantón Chillanes, provincia de Bolívar. (Tesis de grado, Universidad estatal de Bolívar). Recuperado de <http://dspace.ueb.edu.ec/bitstream/123456789/1039/1/070.pdf>
- Fernández, J. (2011). Costos de producción del cultivo de papa (*Solanum tuberosun L.*) en el valle y cofre de perote. (Trabajo de experiencia recepcional, Universidad Veracruzana).

- Recuperado de <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/31411/1/jeronimofernandezesteban.pdf>
- Fertienda. (s.f). Abono 15-15-15 (o triple 15). Recuperado de <http://fertienda.com/abono/abono-15-15-15-25kg.html>
- FAO (2011). Elaboración y uso del bocashi. Recuperado de. <http://www.fao.org/3/a-at788s.pdf>
- FAO (2011). Aboneras tipo Bocashi. Recuperado de http://coin.fao.org/coin-static/cms/media/10/13195641328090/aboneras_final_alta_resolucion.pdf
- FAO (2008). El mundo de la papa. Recuperado de <http://www.potato2008.org/es/mundo/>
- Fundación origen, Escuela de agroecología de pirqué (s.f). Lombricultura y compostaje. Recuperado de <http://fundacionorigenchile.org/esp/wp-content/uploads/2011/05/Manual-de-Lombricultura-y-Compostaje.pdf>
- Gómez, A. (2014). Análisis de la cadena productiva de la papa criolla en Colombia (Trabajo de grado, universidad de la Salle). Recuperado de <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/3809/T12.14%20G633a.pdf?sequence=3>
- Gaviria, C. & Albán, D. (2012). Elaboración de un abono tipo “bocashi” a partir de desechos orgánicos y sub producto de la industria láctea (lacto suero). (Proyecto de grado). Universidad de san buenaventura, Cali, Colombia.
- Grupo de investigación en papa (s.f). Criolla Colombia. Recuperado de <http://www.papaunc.com/catalogoExtendido.shtml?x=50>

Google maps (2016). Recuperado de

<https://www.google.es/maps/place/La+Calera,+Cundinamarca,+Colombia/@4.7095362,-73.9380261,197m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x8e3f8e39a6d5be41:0xe1bec6f8812cb910!8m2!3d4.720521!4d-73.968631>

Henríquez, C & Mora, L. (s.f). Produciendo abono de lombriz. Recuperado de http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/av0712_lombriz.pdf

Jenny (2010). Papa criolla. Recuperado de <http://jenny0.blogdiario.com/1275786420/papa-criolla/>

Loayza, P. (s.f). Como producir más y conservar mejor. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/319259192/abonos-organicos-promic-pdf>

Ligarreto, G. & Suárez, M. (2003). Evaluación potencial de los recursos genéticos de papa criolla (*Solanum phureja*) por calidad industrial. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/21407/1/17781-56961-1-PB.pdf>

Méndez, O. León, N. Gutiérrez, F. Rincón, R & Álvarez, J. (2012). Efecto de la aplicación de humus de lombriz en el crecimiento y rendimiento del grano del cultivo de Maíz. Recuperado de http://www.fec-chiapas.com.mx/sistema/biblioteca_digital/efecto-de-la-aplicacion-de-humus-de-lombriz.pdf

Ministerio de agricultura (2016). Cadena de papa indicadores e instrumentos. Recuperado de <https://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=6&cad=rja&u>

act=8&ved=0ahUKEwj97PiG8erSAhWCSiYKHeUsB-
wQFgg5MAU&url=https%3A%2F%2Fsioc.minagricultura.gov.co%2FPapa%2FDocume
ntos%2F002%2520-%2520Cifras%2520Sectoriales%2F002%2520-
%2520Cifras%2520Sectoriales%2520-
%25202016%2520Junio.pptx&usg=AFQjCNFa9ks7ll5oFTo1MsLbJniZyLiUgw&sig2=IF
D52qmpcUPCi2YyLbudvQ

Monómeros (2007). Ensayo comercial de fertilización de la papa en suelos sulfatados ácidos de Boyacá. Recuperado de <http://www.monmeros.com/descargas/dpinformativo5.pdf>

Monómeros (2007). Informativo productivo No.5. Recuperado de <http://www.monmeros.com/descargas/dpinformativo5.pdf>

Monómeros Colombo Venezolanos S.A. (1998). Fertilización de cultivos en clima frío. Sáenz y Cía. Ltda. Santafé de Bogotá. Segunda edición. 370p.

Monómeros Colombo Venezolanos S.A (s.f). 15-15-15. Recuperado de <http://www.monmeros.com/descargas/fo15-15-15.pdf>

Muñoz, L. & Lucero, A. (2008). Efecto de la fertilización orgánica en el cultivo de papa criolla *Solanum phureja*. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/1803/180314732019.pdf>

Ormeño, M & Ovalle, A. (2007). Preparación y aplicación de abonos orgánicos. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/273321490_Preparacion_y_aplicacion_de_abonos_organicos

Papa criolla (s.f). PAPA CRIOLLA (*solanum phureja*). Recuperado de http://www.empresario.com.co/recursos/page_flip/MEGA/mega_papa/files/ficha%20papa%20criolla.pdf

Peña (2015). Evaluación del contenido nutricional y actividad antioxidante en *Solanum tuberosum* grupo phureja. Recuperado de <http://docplayer.es/21728230-Evaluacion-del-contenido-nutricional-y-actividad-antioxidante-en-solanum-tuberosum-grupo-phureja-clara-bianeth-pena-melo.html>

Pérez, Rodríguez & Gómez (2008). Efecto del fraccionamiento de la fertilización con N, P, K y Mg y la aplicación de micronutrientes B, Mn y Zn en el rendimiento y calidad de la papa criolla (*Solanum phureja*) variedad Criolla Colombia. Recuperado de <http://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/11487/12136>

Solano & Díaz (2014). Producción de abono orgánico en pequeña escala con lombriz californiana (*Eisenia foetida*). Recuperado de <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00355.pdf>

Santamaría, M. Montañez, J & Sánchez, R. (2010). Evaluación de la producción limpia de la papa criolla (*solanum phureja*) en Madrid, Cundinamarca. Recuperado de https://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&cad=rja&uact=8&sqi=2&ved=0ahUKEwjryf643pLSAhUDPiYKHW_ZAcoQFgg1MAM&url=http%3A%2F%2Fbiblioteca.uniminuto.edu%2Fajs%2Findex.php%2FInventum%2Farticle%2Fdownload%2F13%2F14&usq=AFQjCNHDP7qF7asvGeKpBGDzmvRyDq46g&sig2=cuqqmroj_ctB--dRnWzmSw&bvm=bv.146786187,d.eWE

San Rafael (s.f). Respuesta del cultivo de papa (*Solanum tuberosum L*) CV. R-12, al abonado con humus San Rafael. Recuperado de <http://humusanrafael.blogspot.com.co/2009/01/humus-en-papa.html>

Tenorio, P. (s.f). Polygonum nepalense meisn. Recuperado de <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/polygonaceae/polygonum-nepalense/fichas/pagina1.htm>

Universidad nacional de Colombia (2007). Instituto de ciencias naturales. Recuperado de <http://www.biovirtual.unal.edu.co/ICN/?controlador=ShowObject&accion=show&id=333499>

Usuño, S. (2014). Evaluación de cuatro abonos orgánicos en el rendimiento de la papa (*solanum tuberosum l*) en el sector de San Pablo, parroquia Mulalillo, cantón Salcedo, provincia de Cotopoxi. (Tesis de grado, Universidad nacional de Loja). Recuperado de <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/6017/1/Segundo%20Reinaldo%20Usu%C3%B1o%20Quisaguano.pdf>

Valle, S. (2009). Alternativas de fertilización en los cultivos del maíz (*Zea mayz. L.*) y la papa china (*colocasia esculenta (l.) Scott*) en suelos del orden inceptisoles del cantón pastaza. (Tesis de grado, Universidad estatal amazónica). Recuperado de <https://es.scribd.com/document/188714870/TESIS-DE-SEGUNDO-BENEDICTO-VALLE-RAMIREZ>

Vivanco, A. (2003). Elaboración de em bokashi y su evaluación en el cultivo de maíz, bajo riego en zapotillo. (Tesis de grado, Universidad nacional de Loja). Recuperado de <http://www.monografias.com/trabajos15/em-bokashi/em-bokashi.shtml>

Zamora, F. Tua, D & Torres, D. (2008). Evaluación de cinco fuentes orgánicas sobre el desarrollo vegetativo y rendimiento del cultivo de papa. Recuperado de http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2008000300004

Zapata, J., Navas, G., Tamayo, A. & Díaz, C. (2006). Manejo agronómico de la papa criolla para el procesamiento industrial. Rionegro, Antioquia, Colombia: Divergraficas Ltda. 26p.

ANEXOS

Dependent Variable: Número de tubérculos

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	3.95834174	1.97917087	8.37	0.0006
Error	57	13.47027512	0.23632062		
Corrected Total	59	17.42861686			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	weight Mean
0.227117	15.86178	0.486128	3.064777

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Trat	2	3.95834174	1.97917087	8.37	0.0006

The ANOVA Procedure

Duncan's Multiple Range Test for Número de tubérculos

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	57
Error Mean Square	0.236321

Number of Means 2 3

Critical Range .3078 .3238

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	trat
A	3.3210	20	3
A	3.1596	20	2
B	2.7137	20	1

Dependent Variable: Número de tubérculos por tamaño

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	8	79.2023820	9.9002978	73.14	<.0001
Error	171	23.1476430	0.1353663		
Corrected Total	179	102.3500250			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	num Mean
0.773838	22.56226	0.367922	1.630695

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Trat	8	79.20238200	9.90029775	73.14	<.0001

The ANOVA Procedure

Duncan's Multiple Range Test for numero de tuberculos por tamaño

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha 0.05
 Error Degrees of Freedom 171
 Error Mean Square 0.135366

Number of Means	2	3	4	5	6	7	8	9	
Critical Range	.2297	.2417	.2498	.2557	.2603	.2641	.2672	.2698	

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	trat
A	2.7769	20	6
A			
A	2.6503	20	5
B	2.0980	20	4
C	1.4719	20	3
C			
D C	1.3744	20	8
D			
D E	1.1975	20	7
D E			
D E	1.1878	20	1
E			
F E	1.0414	20	9
F			
F	0.8780	20	2

Dependent Variable: Peso

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	288.663774	144.331887	10.02	0.0002
Error	57	820.669466	14.397710		
Corrected Total	59	1109.333241			

R-Square Coeff Var Root MSE weight Mean

0.260214 16.11114 3.794431 23.55160

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Trat	2	288.6637741	144.3318870	10.02	0.0002

Duncan's Multiple Range Test for peso

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	57
Error Mean Square	14.39771

Number of Means	2	3
Critical Range	2.403	2.528

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	trat
A	26.343	20	3
B	23.328	20	2
B			
B	20.984	20	1

Cultivo de papa criolla (*Solanum phureja*) lista para ser aporcada y desyerbada.



Cultivo de papa criolla (*Solanum phureja*) después de realizado el desyerbe y el aporque



Planta atacada por gota



Ataque de la gota al cultivo de papa criolla



Cultivo de papa: un mes de edad



Siembra del cultivo



Cultivo sembrado y abonado listo para ser tapado



Cosecha de la papa criolla



REPORTE DE ANÁLISIS DE SUELO No. 181-2016

Página 1 de 1



LABORATORIO DE SUELOS FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

FCA-L-FT-10.002.007

Remitente: Andrés José Gómez García	Finca: Santo Domingo	Lote: *
E-mail: ajgomezg123@hotmail.com	Propietario: José Domingo García	Recibido: 29.01.16
Dirección: *	Municipio: Calera	Reportado: 23.02.16
Teléfono: 3203825655	Dpto: Cundinamarca	Recibo No.: 146918045
Ciudad: Calera	Cultivo: Papa	

RESULTADOS

pH	CE dS/m	CO	N	Ca	K	Mg	Na	AI	CICE	CIC
		%		meq / 100g						
6,1	ns	9,17	0,79	15,8	0,59	1,14	0,07	0,00	17,6	ns

ns: no solicitado

P	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B	Ar	L	A	Textura
mg / kg							%			
6,40	ns	0,28	122	1,65	0,93	0,39	15	33	52	F

Los resultados corresponden únicamente a las muestras suministradas por el usuario y analizadas en el laboratorio

PARÁMETRO

pH
CE: Conductividad eléctrica
CO: Carbono orgánico oxidable
N: Nitrógeno total
Ca, K, Mg, Na: Bases intercambiables
CIC: Capacidad de intercambio catiónico
CICE: CIC Efectiva
AI: Acidez intercambiable
P: Fósforo disponible
S: Azufre disponible
Cu, Fe, Mn, Zn: Microelementos
B: Boro
 Arcilla (**Ar**), limo (**L**), arena (**A**)
Textura

MÉTODOS DE ANÁLISIS

Suspensión suelo:agua (relación peso:volúmen 1:1)
 Extracto de la pasta de saturación
 Walkley-Black
 Estimado a partir del CO (factor empleado 0,0862)
 Extracción con NH₄ -Acetato 1M pH 7
 Desplazamiento del NH₄ intercambiado con NaCl
 Estimado por suma de bases y acidez intercambiables
 Extracción con KCl 1M
 Bray II
 Extracción con fosfato monocalcico
 Extracción con DTPA
 Extracción con fosfato monocalcico
 Bouyoucos, dispersión con Na-Hexametafosfato
 Triángulo de clasificación textural USDA

VALORACIÓN

Potenciométrica
 Conductimétrica
 Colorimétrica
 Absorción Atómica
 Volumétrica
 Volumétrica
 Colorimétrica
 Turbidimétrica
 Absorción Atómica
 Colorimétrica
 Densimétrica

NIVELES GENERALES DE REFERENCIA

Elemento	Clima	Alto	Medio	Bajo
N	Frío	>0.50	0.25-0.50	<0.25
	Medio	>0.25	0.15-0.25	<0.15
	Cálido	>0.20	0.10-0.20	<0.10

Elemento	Alto	Medio	Bajo
P	>40	20-40	<20
K	>0.35	0.15-0.35	<0.15
Ca	>6	3,0-6,0	<3
Mg	>2.5	1.5-2.5	<1.5

Químico:

Coordinadora:

RECUERDE: El plan de fertilización es más eficiente si Ud consulta con el profesional de Asistencia Técnica de su localidad

