

**ENSAYO DE EFICACIA CON FINES DE REGISTRO DEL
FERTILIZANTE FytoFert PK EN EL CULTIVO DE PAPA (*Solanum
tuberosum* Var. R12)**

YEDISSON EDUARDO TORRES PORRAS

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
FUSAGASUGÁ
2016**

**ENSAYO DE EFICACIA CON FINES DE REGISTRO DEL
FERTILIZANTE FytoFert PK EN EL CULTIVO DE PAPA (*Solanum
tuberosum* Var. R- 12)**

**Trabajo de Grado opción pasantía,
Presentado para optar el título de
INGENIERO AGRONOMO**

**Autor
YEDISSON EDUARDO TORRES PORRAS**

**Asesor Externo:
I.A. Milton Rene Galán Fonseca**

**Asesor Interno:
Biol. M.Sc. Cristina Mendoza Forero**

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
FUSAGASUGÀ
2016**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Jurado

Jurado

Jurado

DEDICATORIA

Dedico este Trabajo a Dios y a quienes con su esfuerzo, dedicación y ejemplo supieron guiarme y apoyarme en todo instante sin importar las dificultades ni los desafíos que se presentan en la vida.

AGRADECIMIENTOS

A Dios infinitas gracias por permitirme vivir y permitirme culminar mis estudios universitarios.

A mi mujer y mi hijo por ser el motor de mi vida y mi inspiración para quererme superar y así ofrecerles un excelente futuro.

Le doy gracias a mis abuelitos por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado, y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida. Sobre todo por ser un excelente ejemplo de vida a seguir.

Un profundo agradecimiento a la empresa **CERADIS COLOMBIA LTDA** por haberme dado la confianza para realizar toda la investigación presentada en este trabajo.

A los Ingenieros Agrónomos Milton Galán, Fredy Barón y asesora de tesis Cristina Mendoza. Por su apoyo, su dedicación y su asesoría durante este trabajo.

Principalmente agradezco a la **UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA** por haberme aceptado ser parte de ella y abierto las puertas de su seno científico para poder estudiar mi carrera de Ingeniería Agronómica, así como también a los diferentes docentes que brindaron sus conocimientos y su apoyo para seguir adelante día a día.

Y a toda mi familia en general y aquellas personas que de una u otra forma, colaboraron o participaron en la realización de este trabajo.

RESUMEN

El presente ensayo se llevó a cabo en dos municipios del departamento de Cundinamarca (Pasca y Sibate), donde se evaluó el efecto del fertilizante Orgánico mineral FytoFert PK ® de la empresa Ceradis Colombia Ltda, con una composición en fosfito de potasio, que incrementa el rendimiento del cultivo mejorando la disponibilidad de algunos nutrientes en diferentes estados fenológicos.

Se efectuó la aplicación de este producto en cultivo de papa variedad R12 entre los 45 y 90 días donde la planta se encuentra en llenado de tubérculos, con una periodicidad de 15 días. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos aplicados correspondieron a las dosis del fertilizante en las siguientes concentraciones: 1 Kg/Ha, 1,8 Kg/Ha, 2,6 Kg/Ha y 3,4 Kg/Ha y un testigo absoluto. Las evaluaciones de rendimiento y calidad se realizaron al momento de la cosecha para cada uno de los tratamientos en ambas localidades, demostrándose con el análisis estadístico y la comparación de medias de tukey la efectividad del fertilizante FytoFert PK ®.

Los mejores resultados de producción se presentaron en la finca San Antonio del municipio de pasca con una producción media de 59.884 kilogramos bajo unas dosis de FytoFert PK ® de 3,4 Kg/Ha, indicando la eficiencia del producto sobre el cultivo de la papa tipo R12.

ABSTRACT

This test was conducted in two municipalities of Cundinamarca Department (Pasca and Sibaté), which evaluated the effect of organic mineral fertilizer FytoFert PK® Ceradis Colombia Ltda.; with a composition in phosphite of potassium, which increases the crop yield improving the availability of certain nutrients in different phenological States. It was the application of this product in potato crop variety R12 between 45 and 90 days where the plant is filling of tubers, at intervals of 15 days. Be used a design of blocks completely to the random with five treatments and four replications. The treatments applied corresponded to the dose of the fertilizer in the following concentrations: 1 Kg / has, 1.8 Kg / has, 2.6 Kg / has and 3.4 Kg / has and a witness absolute. The assessments of performance and quality is made to the time of the harvest for each one of them treatments in both locations; with statistical analysis and Tukey multiple comparison demonstrated the effectiveness of the fertilizer FytoFert PK®.The best production results were presented on the farm San Antonio municipality of Pasca with an average production of 59.884 kilograms under a dose of FytoFert PK® 3.4 Kg / Ha, indicating the efficiency of the product on the cultivation of the potato type R12.

TABLA DE CONTENIDO

	PÁG
INTRODUCCION. _____	13
1. JUSTIFICACION. _____	13
2. OBJETIVOS _____	14
2.1. Objetivo General _____	14
2.2. Objetivos Específicos _____	14
3. MARCO REFERENCIAL _____	15
3.1. Morfología de la planta. _____	15
3.2. Ciclo Vegetativo del cultivo de la papa. _____	16
3.3. Fenología Del Cultivo De Papa _____	17
3.4. Condiciones agronómicas _____	18
3.5. Nutrición Del Cultivo Papa _____	19
3.6. Funcionamiento de los Fosfitos _____	19
3.7. Problemática en la fertilización en el cultivo de papa _____	22
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA _____	23
4.1. Condiciones experimentales _____	23
4.1.1. Información general del producto _____	23
4.1.2. Composición química del fertilizante FytoFert PK _____	23
4.1.3. Generalidades del fertilizante _____	23
5. MATERIALES Y MÉTODOS _____	25
5.1. Localización _____	255
5.2. Materiales _____	25
5.3. Herramientas Utilizadas _____	26
5.4. Metodología _____	26
5.4.1. Diseño experimental _____	26
5.4.2. Tamaño de parcela _____	26
5.4.3. Frecuencia De Aplicación _____	27
5.4.4. Tabla 4 Cronogramas De Aplicación Y Evaluación _____	27
5.4.5. Tabla 5 Planteamiento De Los Tratamientos _____	27
5.4.6. Planteamiento del experimento _____	27
5.4.7. Tabla 7 Dosis y volúmenes _____	27
5.4.8. Momento y frecuencia de evaluación _____	28
5.4.8.1. Producción _____	29
5.4.9. Análisis de Varianza _____	29
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN _____	30
6.1. Evaluación producción (Finca La Colonia, Municipio Sibaté, Cundinamarca). _____	30
6.2. Promedio del peso (Kg) de los tubérculos de calidad tipo gruesa cosechados en Sibaté. _____	31
6.3. Evaluación producción (Finca San Antonio, Municipio Pasca, Cundinamarca). _____	34

6.4. Promedio del peso (Kg) de los tubérculos de calidad tipo gruesa cosechados en Pasca. _____	36
6.5. Comparación del promedio del peso (Kg) de los tubérculos en Sibaté vs Pasca gracias a la aplicación del fertilizante FytoFert PK _____	39
6.6. Discusión _____	40
6.7. Efectos directos sobre el cultivo (Fitotoxicidad). _____	41
6.8. Datos meteorológicos del Aire y Suelos. _____	41
7. EVALUACIÓN COSTO / BENEFICIO _____	42
8. CONDICIONES Y RECOMENDACIONES _____	44
9. BIBLIOGRAFIA _____	45
10. ANEXOS _____	47

LISTA DE TABLAS

Tabla 1	localización de las fincas donde se realizó el ensayo.....	25
Tabla 2	Características generales del ensayo.....	25
Tabla 3	Fertilizantes a utilizar en la prueba	25
Tabla 4	Cronogramas De Aplicación Y Evaluación.....	26
Tabla 5	Planteamiento De Los Tratamientos	27
Tabla 6	distribución de los tratamientos del ensayo.....	27
Tabla 7	Dosis y volúmenes.....	28
Tabla 8	comparación de medias de los seis tratamientos en cuanto a la producción total realizada Sibaté.	30
Tabla 9	Promedio del peso (Kg) de los tubérculos cosechados en Sibaté	31
Tabla 10	comparación de medias de los seis tratamientos en cuanto a la producción total realizada Pasca.....	35
Tabla 11.	Promedio del peso (Kg) de los tubérculos de calidad tipo gruesa cosechados en Pasca	36
Tabla 12	Comparación del promedio del peso (Kg) de los tubérculos en Sibaté vs Pasca gracias a aplicación del fertilizante Fytofert PK	39
Tabla 13	Escala de fitotoxicidad EWRC para determinar fitotoxicidad en hojas	41
Tabla 14	Datos Meteorológicos Del Aire Y Suelos.....	41
Tabla 15	Localidad 1, Finca La Colonia, Sibaté, Cundinamarca	42
Tabla 16	Localidad 2, Finca San Antonio, Pasca, Cundinamarca.....	42

LISTADO DE FIGURAS

Figura1 Morfología de la planta de papa.	15
Figura2 Fenología de la papa.....	17
Figura3 Diferencias entre los enlaces del Fosfato y Fosfito.....	21
Figura4 Composición de los enlaces de los Fosfatos	22
Figura5 Composición de los enlaces de los Fosfitos	22
Figura6 Promedio del peso de los tubérculos del cultivo de papa de la evaluación realizada en Sibaté gracias a la aplicación del fertilizante FytoFert PK.	29
Figura7 Peso promedio de los tubérculos de primera calidad cosechados en Sibaté.....	30
Figura8 Promedio del peso de los tubérculos del cultivo de papa de la evaluación realizada en Pasca en cuanto a la aplicación del fertilizante FytoFert PK.	31
Figura9 Promedio del peso de los tubérculos del cultivo de papa de la evaluación realizada en Pasca en cuanto a la aplicación del fertilizante FytoFert PK.	32
Figura10 Comparación del promedio del peso de los tubérculos del cultivo de papa en Municipio de Sibaté vs el Municipio de Pasca gracias a la aplicación del fertilizante FytoFert PK.....	33
Figura11 Finca La Colonia, Sibaté, Cundinamarca, Demarcacion en cultivo.....	49
Figura12 Resultado en cosecha (Foto: Ing. Fredy Baron, Asesorías Integrales BFV)	49
Figura13 Resultado en cosecha del Trat 3/Rep 3, (Foto: Ing. Fredy Baron, Asesorías Integrales BFV).	50
Figura14 Resultado en cosecha del Trat 4/Rep 3, (Foto: Ing. Fredy Baron, Asesorías Integrales BFV).	50
Figura15 Demostracion en proceso del llenado de la papa (Foto: Ing. Fredy Baron, Asesorías Integrales BFV).	51
Figura16 Finca San Antonio, Pasca, Cundinamarca, Demarcacion en cultivo (Foto: Ing. Fredy Baron, Asesorías Integrales BFV).	51
Figura17 Aplicación y fumigacion en el lote 2 (Foto: Ing. Fredy Baron, Asesorías Integrales BFV).	52
Figura18 . Resultado de cosecha en Tratamiento 5, Lote 2 (Foto: Ing. Fredy Baron, Asesorías Integrales BFV).	52
Figura19 Resultado de cosecha en Tratamiento 4, Lote 2 (Foto: Ing. Fredy Baron, Asesorías Integrales BFV).	53

Figura20 Resultado de cosecha en Tratamiento 3, Lote 2 (Foto: Ing. Fredy Baron, Asesorías Integrales BFV).	53
Figura21 Resultado de cosecha en Tratamiento 2, Lote 2 (Foto: Ing. Fredy Baron, Asesorías Integrales BFV).	54
Figura22 Resultado de cosecha en Tratamiento 1, Lote 2 (Foto: Ing. Fredy Baron, Asesorías Integrales BFV).	54
Figura23 Resultado y recoleccion de cosecha (Foto: Ing. Fredy Baron, Asesorías Integrales BFV).	55
Figura24 . Clasificación por tamaños (Foto: Ing. Fredy Baron, Asesorías Integrales BFV).	55
Figura25 Resultado y clasificacion por tamaños (Foto: Ing. Fredy Baron, Asesorías Integrales BFV).	56
Figura26 Aherencia del FytoFert PK al Follaje (Foto: Ing. Fredy Baron, Asesorías Integrales BFV).	56
Figura27 Aherencia del producto al follaje y florecencia (Foto: Ing. Fredy Baron, Asesorías Integrales BFV).	57
Figura28 Pesaje del producto en el lote 1 Finca La Colonia, Sibaté, Cundinamarca (Foto: Ing. Fredy Baron, Asesorías Integrales BFV).	57
Figura29 Pesaje del producto en el lote 2 Finca San Antonio, Pasca, Cundinamarca (Foto: Ing. Fredy Baron, Asesorías Integrales BFV).	58

1. INTRODUCCION

La papa como producto alimenticio presentó una fuerte expansión a nivel mundial, situándose como el cuarto alimento básico en la década de los noventa, después del trigo, el arroz y el maíz. Figura entre los diez alimentos más importantes producidos en los países en desarrollo. Esta expansión se deriva de la gran capacidad de adaptación a los distintos climas y sistemas de cultivo que presenta este tubérculo, lo cual ha permitido el aumento en su producción y consumo, especialmente en los países más poblados como China y la India. A esto se le suma su gran valor alimenticio, pues es una fuente rica en proteína, carbohidratos, potasio, vitamina C, otras vitaminas y minerales en menor proporción (*Martinez.2005*)¹.

La producción y el consumo de papa en Colombia aunque creciente en términos absolutos, ha venido en franco descenso en términos per cápita y perdiendo dinamismo en la última década.¹

El gasto en fertilizantes representa entre 7 a 10% del costo de producción; en algunos casos hasta un 30%, esto de acuerdo con el grado de tecnificación del cultivo.

Ceradis Colombia Ltda. Es una empresa líder en la formulación y fabricación de productos de uso agropecuario, interesados en investigar, desarrollar y ofrecer alternativas tecnológicas a los agricultores que permitan obtener mayor productividad en las actividades agrícolas. En este caso el fertilizante FytoFert PK proporciona un excelente desarrollo radicular, un mejor equilibrio hormonal, mejor cuajado, uniformidad de maduración y tamaño de los frutos. (Torres.2015)

¹ MARTINEZ, H. 2005 *La cadena de la papa en Colombia*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Observatorio agrocadenas Colombia.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Evaluar la eficacia agronómica del fertilizante **FytoFert PK®** en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en dos Agroecosistemas diferentes (Pasca y Sibaté) con el fin de obtener el registro del ICA.

2.2. Objetivos Específicos

- Determinar la dosis apropiada del fertilizante **FytoFert PK** para ser recomendada en el cultivo de papa variedad R12
- Evaluar la efectividad, producción y calidad del fertilizante **FytoFert PK** y su posible efecto fitotóxico en el cultivo de papa en dos localidades en el departamento de Cundinamarca (Pasca y Sibaté).

3. MARCO REFERENCIAL

3.1. Morfología de la planta.

La planta de la papa presenta un sistema aéreo y un sistema subterráneo. En la Figura 1 se observa que el sistema subterráneo está conformado por raíz, estolón y tubérculo. El sistema aéreo lo conforman el tallo aéreo, hoja, flores y frutos.²

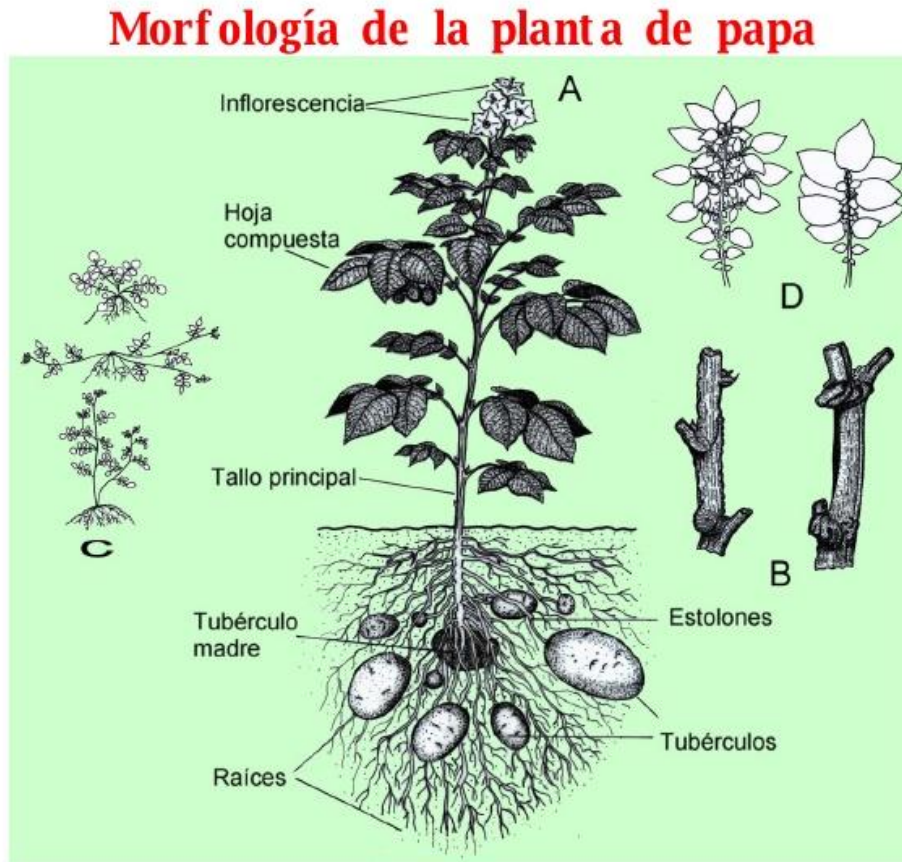


Figura 1.

Tomado de <http://www.sqm.com/papa>

- **La raíz:** El tipo de raíz depende de la procedencia de la semilla. La raíz de la “plántula” procedente de la semilla botánica forma una raíz principal. La procedente de la semilla vegetativa no tiene raíz principal; forma raíces adventicias.²
- **El tallo aéreo:** Es herbáceo, de epidermis por lo general pilosa. El tallo es único, aunque algunas veces ramifica. Generalmente es de color verde y algunas veces puede ser marrón-rojizo o morado.

² Mori, R. *La Papa: de los Andes para el Mundo*, Ministerio de agricultura Lima, Perú. 2006.

Las plantas de papa que provienen de semilla botánica tienen un solo tallo principal y las provenientes de semilla vegetativa tienen la característica de producir varios tallos.²

- **La hoja:** Normalmente posee hojas compuestas imparipennadas, es decir, tiene un raquis central y varios folíolos en número impar.²
- **La flor:** Presenta inflorescencias. El color de las flores es variable, desde blanca-verdosa a cremosa casi amarilla, de violeta azul-pálida a azul oscura, (púrpura), desde rosado hasta rojo intenso.²
- **El fruto:** Al ser fertilizado, el ovario se desarrolla para convertirse en un fruto llamado baya. Su color varía desde el verde claro a verde oscuro hasta verde purpúreo. No todas las variedades florecen y forman bayas.²
- **El estolón:** Es un tallo lateral que crece por debajo del suelo. Se origina a partir de una yema de la porción subterránea del tallo. El extremo del estolón tiene la forma de “gancho” (parte apical) que da origen al tubérculo por un proceso de dilatación. Transporta las sustancias (azúcares) producidas en las hojas y que se almacenarán en el tubérculo en forma de almidones.²
- **El tubérculo:** Morfológicamente, el tubérculo es un tallo subterráneo modificado, acortado, engrosado y carnoso, provisto de yemas latentes u ojos. Varían mucho en forma y tamaño, mayormente son redondos, acilindrados y alargados. También pueden ser ovalados, achatados, fusiformes, algo enroscados y adoptan diversas formas irregulares. El color de la piel del tubérculo es muy variable, va desde el blanco al amarillo, de violeta a rojo oscuro y morado, púrpura o negro. Muchos tienen áreas jaspeadas o vetas de colores y formas variadas.²

² Mori, R. *La Papa: de los Andes para el Mundo*, Ministerio de agricultura Lima, Perú. 2006.

3.2. Ciclo vegetativo del cultivo de papa

El crecimiento fenológico del cultivo de papa se inicia con el brotamiento del tubérculo y finaliza con la madurez fisiológica del cultivo, que es cuando se inicia la cosecha. Durante su crecimiento y desarrollo, la planta de papa sufre una serie de eventos o fases a

nivel de órganos vegetativos y reproductivos referidos a la aparición, transformación y caída de estos.³

El ciclo vegetativo del cultivo de la papa puede tener una duración de 3 a 7 meses dependiendo de la variedad. Según la duración del ciclo vegetativo del cultivo las variedades de papa pueden ser precoces, semi-tardías y tardías. La duración del ciclo vegetativo de una variedad puede ser menor o mayor a su periodo normal debido a condiciones climáticas desfavorables, manejo agronómico inadecuado en las labores de riego (la deficiencia de agua retrasa la emergencia de las plántulas y produce una maduración precoz del cultivo), fertilización (alta fertilización nitrogenada retarda el inicio de la tuberculización), entre otras.⁴

3.3. Fenología Del Cultivo De Papa

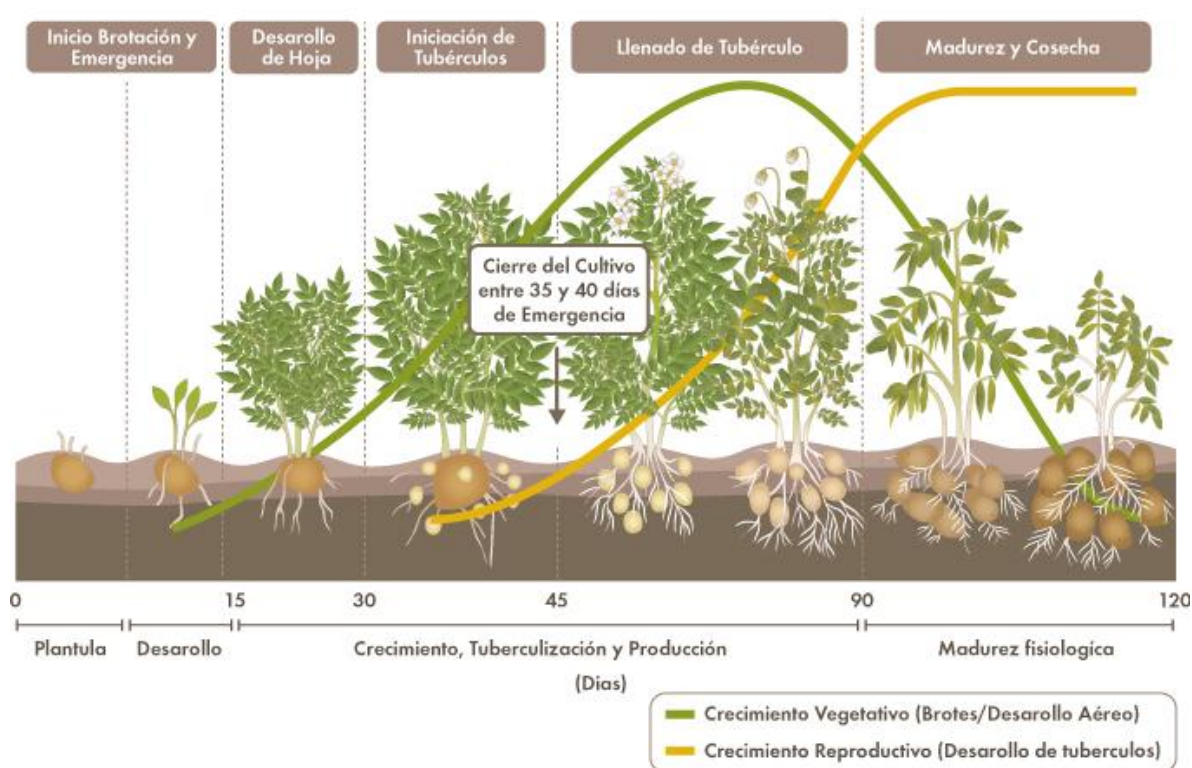


Figura 2. Fenología de la papa⁵

³ ROMAN M. Guía técnica cultivo de papa. Centro nacional de tecnología agropecuaria y forestal. El Salvador. 2002

- **Fase de emergencia:** referida a la aparición de las primeras hojas sobre la superficie del suelo.⁴
- **Fase de formación de estolones:** empieza cuando las yemas de la parte subterránea de los tallos inician su crecimiento horizontal en forma de ramificación lateral.⁴
- **Fase de inicio de floración:** durante esta fase aparecen los primeros botones florales (Yzarra, 1999). El pedúnculo floral y la inflorescencia crecen cuando el tallo principal ha finalizado su crecimiento y da inicio a la floración (Egúsquiza, 2000). En algunas variedades el inicio de la floración coincide con el inicio de la tuberización (Egúsquiza, 2005; Valladolid et. al. 1984; Astorga y Rodríguez, 1982).⁴
- **Fase de plena floración:** se inicia con la apertura de los primeros botones florales emitiendo flores. Existen variedades con abundante floración, así como también existen variedades que no florecen (Egúsquiza, 2000).⁴
- **Fase de tuberización:** esta fase se inicia a partir del engrosamiento de los tubérculos ubicados en los estolones. Se da debido a la asimilación de los azúcares en forma de almidón.⁴
- **Fase de maduración:** se inicia cuando el follaje de la planta alcanza su máximo desarrollo (Cisneros, 1992). La planta está naturalmente madura cuando la mayor parte de las hojas muestran color amarillento, cuando ha perdido la totalidad de hojas o cuando no muestra follaje verde (Egúsquiza, 2000). La papa está madura cuando al ser presionada con la yema de los dedos no pierde su cáscara (Egúsquiza, 2000; Yzarra, 1999; Sanabria, 2003). La maduración podría estar asociada con el final de la floración (Egúsquiza, 2005, entrevista personal).⁴

3.4. Condiciones agronómicas

Tradicionalmente el cultivo de la papa ha sido considerado de climas fríos, debido a que se originó en zonas tropicales, especialmente en la región andina a altitudes de 2000 a 4000 *m.s.n.m*, que es un ambiente de bajas temperaturas, días cortos y abundante luz solar.²

En la actualidad, la papa se cultiva a nivel mundial en zonas con climas fríos, templados y cálidos, debido al desarrollo de variedades que se adaptan a este tipo de climas. Midmore (1989), reporta que en climas templados de Europa, Norteamérica y otras partes del mundo se han seleccionado cultivares de papa y se les ha adaptado a días largos.²

Para el desarrollo de la planta y la producción de tubérculos, el cultivo presenta requerimientos en cuanto a clima (temperatura, duración del día, etc.), suelos, agua y fertilizantes; siendo el clima y en especial la temperatura uno de los requerimientos más preponderantes. Cabe resaltar que estos requerimientos pueden ser según las fases fenológicas, puesto que en cada fase la planta tiende a desarrollar cierto tipo de órganos.²

² Mori, R. *La Papa: de los Andes para el Mundo*, Ministerio de agricultura Lima, Perú. 2006.

3.5. Nutrición Del Cultivo Papa

El Potasio K es el nutriente requerido en mayor cantidad por el cultivo de papa afectando el rendimiento y la calidad de los tubérculos, incluyendo el peso específico, el color post fritura, contenido de azúcares reductores y las cualidades para el almacenamiento. Es una planta poco exigente a las condiciones edáficas, sólo le afectan los terrenos compactados y pedregosos, ya que los órganos subterráneos no pueden desarrollarse libremente al encontrar un obstáculo mecánico en el suelo. La humedad del suelo debe ser suficiente; aunque resiste la aridez, en los terrenos secos las ramificaciones del rizoma se alargan demasiado, el número de tubérculos aumenta, pero su tamaño se reduce considerablemente.

Los terrenos con excesiva humedad, afectan a los tubérculos ya que se hacen demasiado acuosos, poco ricos en fécula y poco sabrosos y conservables. Prefiere los suelos ligeros o semilleros, silíceo-arcillosos, ricos en humus y con un subsuelo profundo. Soporta el pH ácido entre 5.5-6, ésta circunstancia se suele dar más en los terrenos arenosos. Es considerada como una planta tolerante a la salinidad. Un panorama diferente K en los suelos que pueden limitar el rendimiento del cultivo.

3.6. Funcionamiento de los fosfitos

El ión fosfito **O3P3-** es un compuesto relativamente sencillo, pero de una gran importancia en sanidad vegetal: presenta un efecto fungicida frente a hongos del tipo Oomicetos y además es un excelente elemento nutritivo, Ss actividad fúngica es doble:

1. Por una parte, está implicado en activar los sistemas naturales de defensa de la planta. El ión fosfito provoca cambios en la pared celular del Oomiceto, dando como resultado que fracciones de ésta actúen a modo de elicitores externos, desencadenando todo el proceso de activación de defensas anteriormente comentado.

2. El ión fosfito, ejerce un efecto directo sobre el metabolismo fúngico. Este ión compite con el fósforo en diversas rutas metabólicas catalizadas por diversas enzimas fosforilativas. De esta manera, los procesos implicados en transferencia energética del hongo, sufren un considerable retraso e incluso pueden llegar a bloquearse. El efecto general producido en el hongo, podría compararse a un estado de ausencia total de fósforo disponible en la planta para cubrir las necesidades del hongo.

Asimismo, el ión fosfito penetra fácilmente en la planta y es sistémico por lo que facilita la distribución de los elementos nutrientes a los que está unido químicamente.

El Fosfito Potásico gracias a la particular forma en la que se presenta el elemento fósforo (ión fosfito), es capaz de producir un rápido estímulo de importantes procesos metabólicos en las plantas, implicados en la superación del estrés ambiental, patológico y nutricional. Es sabido que el desarrollo de muchas enfermedades, como las debidas a agentes fúngicos del orden Peronosporales, se ve favorecido por condiciones ambientales húmedas unido a órganos y tejidos tiernos o débiles, que a menudo están presentes en las fases más críticas del cultivo del Bonsai (trasplante, poda, daños por viento, exceso de nitrógeno, etc.).

El empleo de Fosfito Potásico, ayuda a la planta a crear unas estructuras y condiciones que la hacen menos sensible a los ataques de aquellos patógenos que se ven obstaculizados por la síntesis de calosa, lignina, suberina y otras sustancias que refuerzan las paredes celulares.

También la presencia en las plantas de fitoalexinas y enzimas hidrolíticos implicados en los mecanismos endógenos de resistencia, favorece la superación de estas condiciones de estrés. El Fosfito Potásico ayuda a reforzar las defensas de las plantas y al mayor éxito de los mecanismos naturales de resistencia tras la infección.

Diferencias entre Fosfato y Fosfito

Como sabemos, la tradicional fuente de fósforo, ha sido él, como H_3PO_4 ácido fosfórico. El ácido fosfórico, cuando se neutraliza con una base, como puede ser el amonio o el potasio, forma una sal o fosfato.

Si comparamos al carbón, con el monóxido de carbono (CO), o el venenoso gas dióxido de carbono (CO₂), todos se parecen en su composición química, la única diferencia es la adición de un átomo de

oxígeno en cada caso, lo que hace que cada uno de estos compuestos tenga notables diferencias en cuanto a la naturaleza de las reacciones que provocan las moléculas resultantes.

Como los son las diferencias entre la fuente de fósforo tradicional y el fosfito. El fosfito es un átomo de fósforo combinado con tres de oxígeno $(\text{PO}_3)^{-3}$ mientras que el fosfato posee el mismo átomo de fósforo, pero combinado con cuatro de oxígeno $(\text{PO}_4)^{-x}$.

La diferencia biológica entre estos dos compuestos es destacable aunque químicamente sean muy similares.

El fosfito es muy activo en la planta, especialmente debido a que es ligeramente inestable, y tiende a reaccionar con todo. El fosfito es muy soluble en agua, y es fácilmente absorbido por la planta tanto a través de las raíces como de las hojas. Por otro lado, la composición química de un fosfato es muy parecida a una roca. De hecho, los tradicionales abonos de fósforo son manufacturados a partir de yacimientos minerales y deben ser administrados en grandes cantidades para obtener un buen resultado. La razón es porque el fosfato es muy estable. Por lo que de un modo u otro, a la planta le llega muy poca cantidad de la que aplicamos al suelo.

No es sorprendente que los tradicionales abonos fosfóricos contengan fosfato. El fosfato se encuentra en la naturaleza tal cual, y su extracción y procesamiento es realizada desde hace casi un siglo.

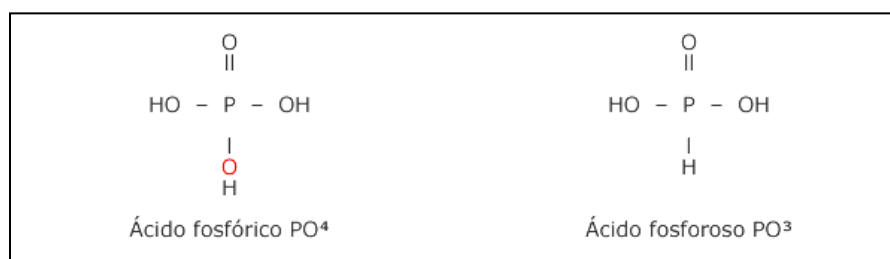


Figura 3 Diferencias entre los enlaces del Fosfato y Fosfito ⁴

⁴ Imagen disponible en: <http://www.bonsaimenorca.com/articulos/articulos-tecnicos/fosfito-potasico> .

⁷ https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/81972/009---05.09.07---Fosfitos,-los-Activadores-de-Resistencia-en-las-plantas--Anexo-I-.pdf

Cuando el ácido fosfórico (H_3PO_4) es neutralizado con una base, como por ejemplo hidróxido potásico (KOH), se forma una sal. La sal del ácido fosfórico es un fosfato. Por ejemplo:

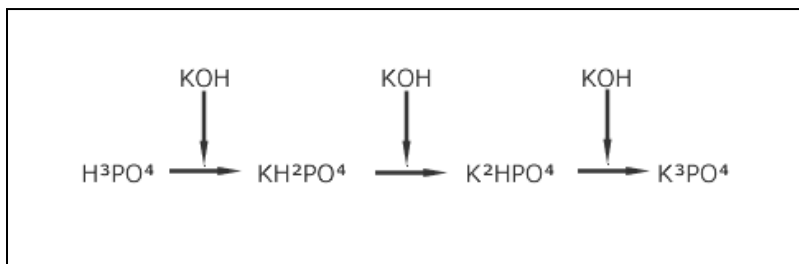


Figura 4 Composición de los enlaces de los Fosfatos⁶

Cuando el **ácido fosforoso** (H_3PO_3) es neutralizado con una base, como por ejemplo hidróxido potásico (KOH), se forma una sal. La sal del ácido fosforoso es un fosfito. Por ejemplo:

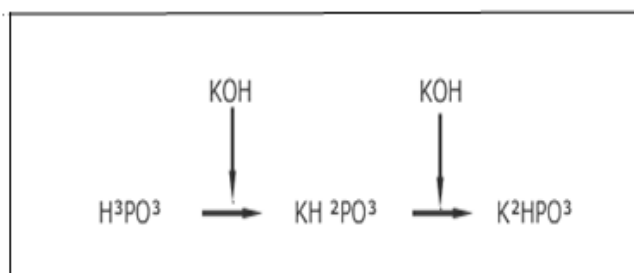


Figura 5 Composición de los enlaces de los Fosfitos⁶

Aplicaciones prácticas:

1. Como potente fungicida contra los hongos de suelo o vasculares (tanto en forma preventiva como curativa)
2. Como potenciador de las defensas de las plantas
3. Como suministro de fósforo y potasio (abono 0% N para el otoño)
4. Como activador metabólico en estados post-stress

3.7 Problemática en la fertilización en el cultivo de papa

Actualmente La producción y el consumo de papa en Colombia aunque creciente en términos absolutos, ha venido en franco descenso en términos per cápita y perdiendo dinamismo en la última

década

(http://www.agronet.gov.co/www/docs_agronet/2005112163731_caracterizacion_papa.pdf).

El gasto en fertilizantes representa entre 7 a 10% del costo de producción; en algunos casos hasta un 30%, esto de acuerdo con el grado de tecnificación del cultivo. (<http://www.centa.gob.sv/docs/guias/hortalizas/Guia%20Papa.pdf>)

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

4.1. Condiciones experimentales.

4.1.1. Información General Del Producto utilizado

Nombre comercial: FytoFert PK

Tipo de producto: Fertilizante

Uso específico: Fertilizante a base de Potasio.

Formulación: Líquido.

Composición garantizada. (*Anexo1. Ficha técnica*)

4.1.2. Composición química del fertilizante FytoFert PK

ELEMENTO	EXPRESIÓN	PORCENTAJE
Fosforo asimilable	P ₂ O ₅	42
Potasio soluble en agua	K ₂ O	30
Calcio total	CaO	2
Carbono orgánico oxidable total	C	10
Humedad		5
PH	Solución al 10%	5
Conductividad 1:20	ds/m	5.5
Densidad a 20°C	g/cc	1.4
Samonella	g	25
Enterobacterias	UFC/g	<10

Metales pesados por debajo de los límites permisibles de la norma.

4.1.3. Generalidades del fertilizante

FytoFert PK 0-42-30 es un fertilizante orgánico mineral de granulo soluble que combina los efectos del fosfito de potasio mediante un complejo orgánico para conseguir un efecto sinérgico de sustancias

activas. Es aplicable cuando se requiere superar estados de carencia y necesidad relacionados con la falta de fosforo y potasio, permitiendo que la planta tenga una mejor eficiencia en los procesos metabólicos.⁶

La acción del fosforo en forma de ion fosfito estimula el crecimiento y los mecanismos de autodefensas aportando fortalecimiento general en la planta.

El potasio es de vital importancia para que las plantas tengan un adecuado proceso de fotosíntesis y síntesis de proteínas ayudando a activar las enzimas que participan en la producción de ATP para regular el movimiento de los azúcares a través del floema, controla la apertura y el cierre de los estomas regulando la pérdida de agua por la planta.⁶

Las aplicaciones de **FytoFert PK** por la presencia del fosfito tiene una función como activador de defensas naturales de las plantas (Fitoalexinas); su actividad sistémica ascendente y descendente le permite actuar sobre el sistema radicular y foliar de las plantas.⁶

⁶ <http://www.ceradis.com/products/plant-nutrition/FytoFert-PK-LATAM/>

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Localización

La evaluación del fertilizante se realizó en dos municipios del departamento de Cundinamarca (pasca y Sibaté) ya que cuenta con características agroclimatológicas y edáficas típicas para el cultivo de papa y con manejos culturales tradicionales, cuya localización fue informada a la Autoridad Nacional Competente - ICA, antes del inicio de las pruebas de eficacia, con 8 días de anticipación.

Tabla 1 localización de las fincas donde se realizó el ensayo

LOCALIZACIÓN	LOCALIDAD 1	LOCALIDAD 2
FINCA	La Colonia	San Antonio
VEREDA	Las Delicias	Sabaneta
MUNICIPIO	Sibaté	Pasca
DEPARTAMENTO	Cundinamarca	Cundinamarca

Fuente, Torres Y.2016

Tabla 2 Características generales del ensayo

Parámetros	Localidad 1	Localidad 2
Cultivo	Papa (<i>Solanum Tuberosum</i>)	Papa (<i>Solanum Tuberosum</i>)
Variedad	R12 Capiro	R12 Capiro
Densidad de siembra	25.000 plantas/ Há	25.000 plantas/ Há

Fuente, Torres Y.2016

5.2. Materiales

Tabla 3 Fertilizantes a utilizar en la prueba

Producto	Elemento	Casa Comercial	Reg Venta ICA No
FytoFert PK	K ₂ O=300 g/L P ₂ O ₅ =420 g/L	Ceradis Colombia Ltda	7278
Foscrop P+K	P ₂ O ₅ =420 g/L K ₂ O=280 g/L	COLINAGRO S.A.	5537

Fuente, Torres Y. 2016

5.3. Herramientas Utilizadas

Las aplicaciones en el cultivo y en la Prueba de Eficacia se harán con Bomba de espalda de 20 litros, con presión de salida de 30 psi y boquilla de cono hueco.

Equipos:

Insumos y Materiales:

- Cinta de papel (enmascarar)
- Cinta transparente ancha
- Plástico de diferentes colores (1 color diferente para cada tratamiento)
- Lupa producto (FytoFert PK) Proporcionado por Ceradis
- Balanza
- Libreta de campo
- Cámara fotográfica
- Marcador o Sharpie
- Bomba de espalda (completamente limpia)
- Botas de caucho
- Guantes
- Overol para aplicación (con careta)
- Termómetro, Proporcionado por Ceradis
- Higrómetro, Proporcionado por Ceradis
- Balde o recipiente para mezclar la cantidad de producto x tratamiento.

5.4. Metodología

5.4.1. Diseño experimental

Las pruebas se realizarán bajo un diseño experimental de bloques completos al azar (BCA) con un total de 5 tratamientos y 4 repeticiones. Todas las unidades experimentales se distribuyen aleatoriamente.

5.4.2. Tamaño de parcela

Se trazaron parcelas de 4 surcos de 1 m de ancho x 5 m de largo para un total de 20 metros cuadrados por repetición.

Área de tratamientos = $(20 \text{ m}^2 \times 5 \text{ tratamientos} \times 4 \text{ repeticiones} = 400 \text{ m}^2)$.

Área de fitotoxicidad = (20 m^2)

Área total = 420 m^2

5.4.3. Frecuencia De Aplicación

Las aplicaciones del producto se realizaron con una periodicidad de 15 días partiendo desde el momento en que la planta comenzó a formar el tubérculo esto con el fin de que el producto le brindara a la planta unos suplementos nutricionales con los cuales se obtuviera el llenado del tubérculo que se deseaba.

5.4.4. Tabla 4 Cronogramas De Aplicación Y Evaluación

Actividad	Localidad 1	Localidad 2
Montaje y marcado	07-May-14	10-Sep-14
Primera aplicación	07-May-14	10-Sep-14
Segunda aplicación	21-May-14	24-Sep-14
Tercera aplicación	04-Jun-14	08-Oct-14
Cosecha	11-Jul-14	13-Nov-14
Evaluación final	11-Jul-14	13-Nov-14

Fuente, Torres Y.2016

El cronograma de aplicación y evaluación fue informado con antelación al ente regulatorio (ICA).

5.4.5. Tabla 5 Planteamiento De Los Tratamientos

TRATAMIENTO	PRODUCTO	DOSIS Kg/Ha Comercial
T1	Testigo:	0
T2	FytoFert PK + F. E*	1 Kg/Há
T3	FytoFert PK + F. E*	1,8 Kg/Há
T4	FytoFert PK + F. E*	2,6 Kg/Há
T5	FytoFert PK + F. E*	3,4 Kg/Há

*FE: Fertilización edáfica convencional

Dosis de agua estimada: 400 lts/Ha

Fuente, Torres Y.2016

5.4.6. Planteamiento Del Experimento

Las pruebas se realizaron bajo un diseño experimental de bloques completos al azar (BCA) con un total de 5 tratamientos y 4 repeticiones. Todas las unidades experimentales se distribuyen aleatoriamente.

Tabla 6 distribución de los tratamientos del ensayo

BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV
T5	T3	T4	T2
T4	T2	T1	T3
T1	T5	T3	T5
T2	T4	T5	T1
T3	T1	T2	T4

Fuente, Torres Y.2016

Como no existe otro producto registrado en Colombia con las mismas características especiales del producto con esta mezcla, se evaluó una dosis adicional de FytoFert PK, para respetar los grados de libertad exigidos por la Norma Andina además de que sirviera como testigo comercial y a su vez se compararon con el testigo absoluto.

5.4.7. Tabla 7 Dosis y volúmenes.

TRATAMIENTO	PRODUCTO	DOSIS Kg/Ha Comercial
T1	Fertilización Edáfica	0
T2	FytoFert PK + F. Edáfica	1 Kg/Há
T3	FytoFert PK + F. Edáfica	1,8 Kg/Há
T4	FytoFert PK + F. Edáfica	2,6 Kg/Há
T5	FytoFert PK + F. Edáfica	3,4 Kg/Há

Nota: Dosis de agua estimada: 400 lts/Ha. Fuente, Torres Y.2016

5.4.8. Momento y frecuencia de evaluación

La evaluación de cada tratamiento para saber la efectividad y/o defectos de cada uno de ellos se realizó en el momento de la cosecha donde se valoró la calidad de la papa (gruesa, pareja y riche) en cuanto a la producción por toneladas por hectáreas; además se determinó la relación Costo - Beneficio de la implementación de la práctica de aplicación con **FytoFert PK**.

5.4.8.1. Producción

Esta variable se evaluará al momento de la cosecha tomando de cada tratamiento de cada bloque y cosechándolo independientemente, se empacará y se rotulará en costales, posteriormente se pesará cada costal aparte utilizando una báscula para llevar luego estos datos a producción por toneladas por hectárea.

- Producción bruta ($\text{ton} \cdot \text{ha}^{-1}$). Sumatoria de las tres calidades.
- Producción neta ($\text{ton} \cdot \text{ha}^{-1}$). Sumatoria de gruesa y pareja.

5.4.9. Análisis de Varianza

Para el ensayo se adaptó una prueba de comparación de medias de Tukey con un nivel de error del 5% con el fin de obtener un nivel de confiabilidad del 95%.

6. RESULTADOS

6.1. Evaluación producción (Finca La Colonia, Municipio Sibaté, Cundinamarca)

En la evaluación del producto FytoFert PK, realizada en el municipio de Sibaté; se tomó como referencia el peso en Kilogramos de la totalidad de la producción, teniendo en cuenta la clasificación (papa gruesa, pareja y riche) esto con el fin de evaluar la efectividad del fertilizante como suplemento nutricional para el llenado del tubérculo en este caso del cultivo de papa tipo R12.

Aclarado lo anterior se presenta a continuación los resultados obtenidos en el ensayo, resaltando el promedio de los resultados en cuanto al peso de cada uno de los tratamientos de las dos fincas utilizadas para la evaluación del fertilizante, realizando para cada uno de ellos una prueba de TUKEY con un nivel de significancia de 0.05%, para obtener un nivel de confianza del 95% y por ultimo realizando una comparación de la producción de papa calidad gruesa entre cada los tratamientos y las fincas donde se realizó el ensayo.

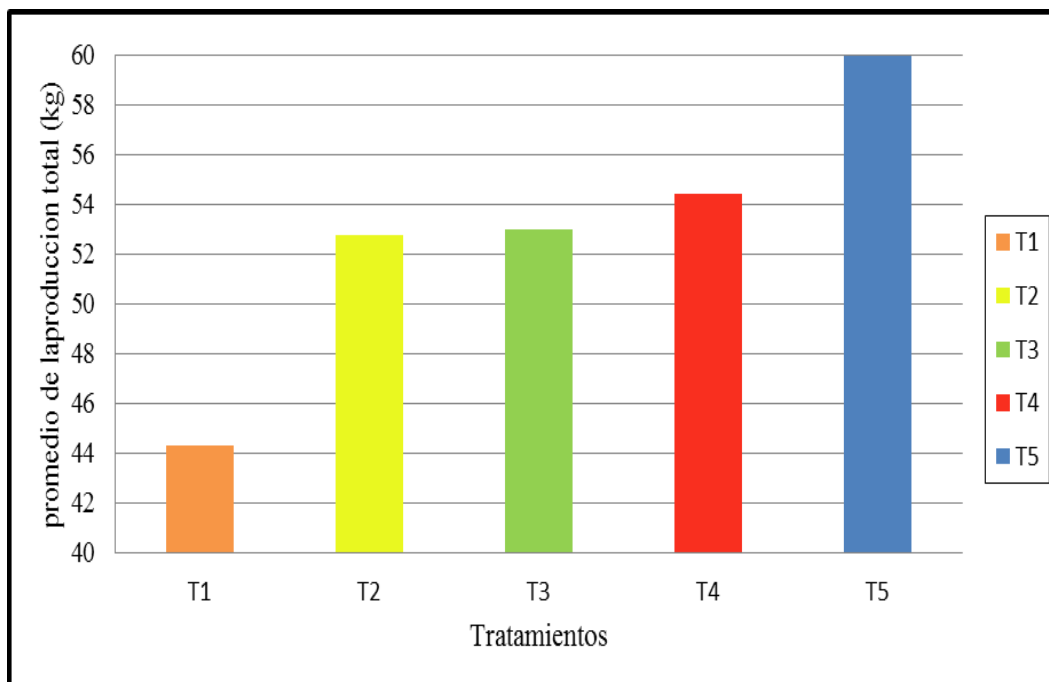
Tabla 8 comparación de medias de los seis tratamientos en cuanto a la producción total realizada Sibaté.

Tukey	Agrupamiento	Media	N	TRAT
	A	46.643	4	T5
	A	42.436	4	T3
	A	41.552	4	T4
B	A	39.250	4	T2
B		31.282	4	T1

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,20271

Fuente, Torres Y.2016

Figura 6. Promedio del peso de los tubérculos del cultivo de papa de la evaluación realizada en Sibaté gracias a la aplicación del fertilizante FytoFert PK.



Fuente, Torres Y.2016

Como se observa en la Figura 6, Existen diferencias significativas entre los tratamientos aplicados T₂ (FytoFert PK 1 Kg/ Há), T₃ (FytoFert PK 1,8 Kg/ Há), T₄ (FytoFert PK 2,6 Kg/ Há) y T₅ (FytoFert PK 3,4 Kg/ Há), y se evidencia una menor producción total de tubérculos por parte del cultivo evaluado el T₁ (TESTIGO ABSOLUTO); lo que evidencia el efecto de la aplicación del producto evaluado en la respuesta en producción y calidad.

6.2. Promedio del peso (Kg) de los tubérculos de calidad tipo gruesa cosechados en Sibaté.

Tabla 9 Promedio del peso (Kg) de los tubérculos cosechados en Sibaté

Tukey Agrupamiento	Media	N	TRAT
A	41,55	4	T5
B	41,55	4	T3
B	42,44	4	T2
B	39,25	4	T4
B	31,28	4	T1

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,41201



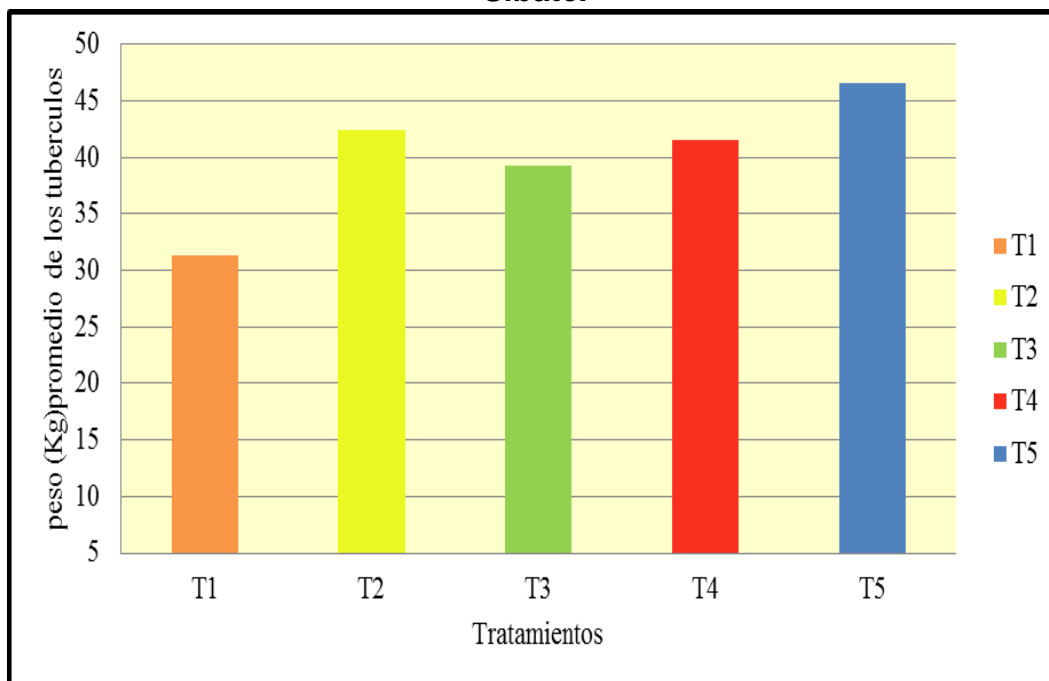
Figura 11. Finca La Colonia, Sibaté, Cundinamarca, Demarcacion en cultivo (Foto: Ing. Fredy Baron, Asesorías Integrales BFV).

En la cosecha realizada en el cultivo de papa llevado a cabo en Sibaté, se tomó como referencia el peso promedio de tubérculos de primera calidad (papa gruesa) en cada uno de los tratamientos establecidos en la prueba de eficacia del producto FytoFert PK.



Figura 12. Resultado en cosecha (Foto: Ing. Fredy Baron, Asesorías Integrales BFV).

Figura 7 Peso promedio de los tubérculos de primera calidad cosechados en Sibaté.



Fuente, Torres Y.2016

Como se observa en la figura 7, El tratamiento T1 (TESTIGO ABSOLUTO) Presenta un menor promedio en el peso de tubérculos de la primera calidad (la de mejor precio en el mercado) en relación a los demás tratamientos que fueron aplicados con el producto objeto de la prueba.

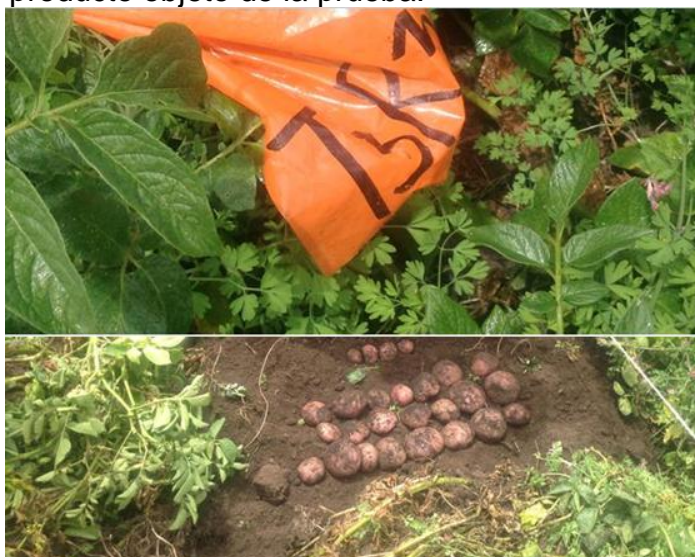


Figura 13. Resultado en cosecha del Trat 3/Rep 3, (Foto: Ing. Fredy Baron, Asesorías Integrales BFV).



Figura 14. Resultado en cosecha del Trat 4/Rep 3, (Foto: Ing. Fredy Baron, Asesorías Integrales BFV).

6.3. Evaluación producción (Finca San Antonio, Municipio Pasca, Cundinamarca)

En la evaluación realizada la finca San Antonio del municipio de Pasca Cundinamarca se presentaron unas condiciones agroclimatológicas diferentes, pero el manejo agronómico fue el mismo con lo cual nos arrojó los datos mostrados posteriormente.



Figura 15. Demostración en proceso del llenado de la papa (Foto: Ing. Fredy Baron, Asesorías Integrales BFV).

Tabla 10 comparación de medias de los seis tratamientos en cuanto a la producción total realizada Pasca.

Tukey Agrupamiento	Media	N	TRAT
A	59.884	4	T5
B A	55.816	4	T3
B A	54.433	4	T4
B A	52.765	4	T2
B	44.291	4	T1

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=3,12514

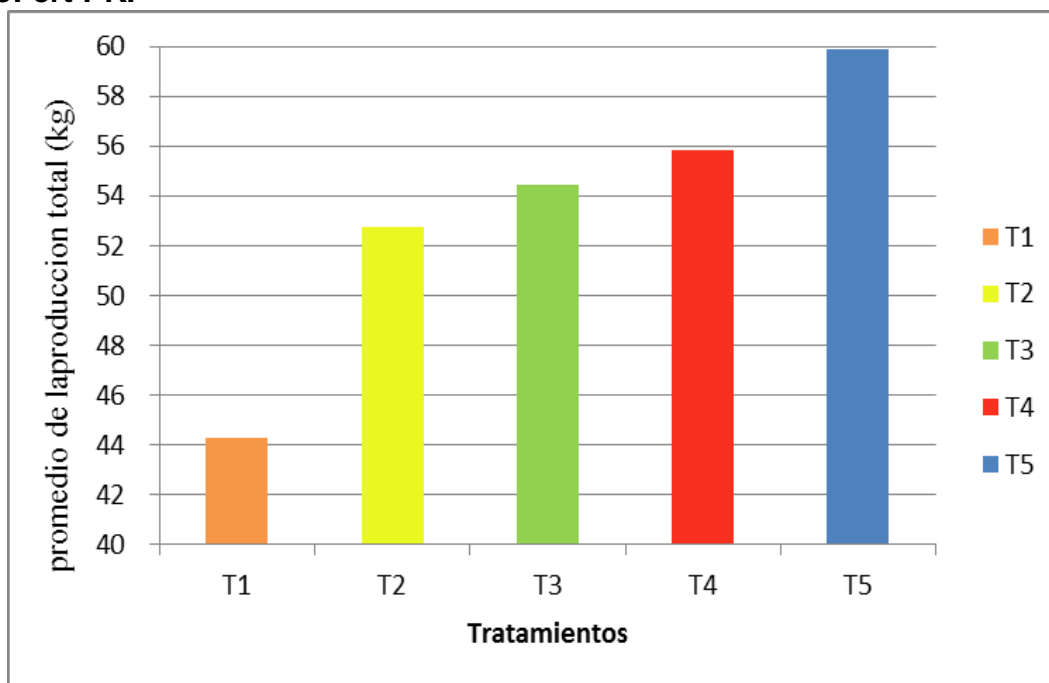


Figura 16. Finca San Antonio, Pasca, Cundinamarca, Demarcacion en cultivo (Foto: Ing. Fredy Baron, Asesorías Integrales BFV).



Figura 17. Aplicación y fumigación en el lote 2 (Foto: Ing. Fredy Baron, Asesorías Integrales BFV).

Figura 7 Promedio del peso de los tubérculos del cultivo de papa de la evaluación realizada en Pasca en cuanto a la aplicación del fertilizante FytoFert PK.



Fuente, Torres Y.2016

6.4. Tabla 11 Promedio del peso (Kg) de los tubérculos de calidad tipo gruesa cosechados en Pasca

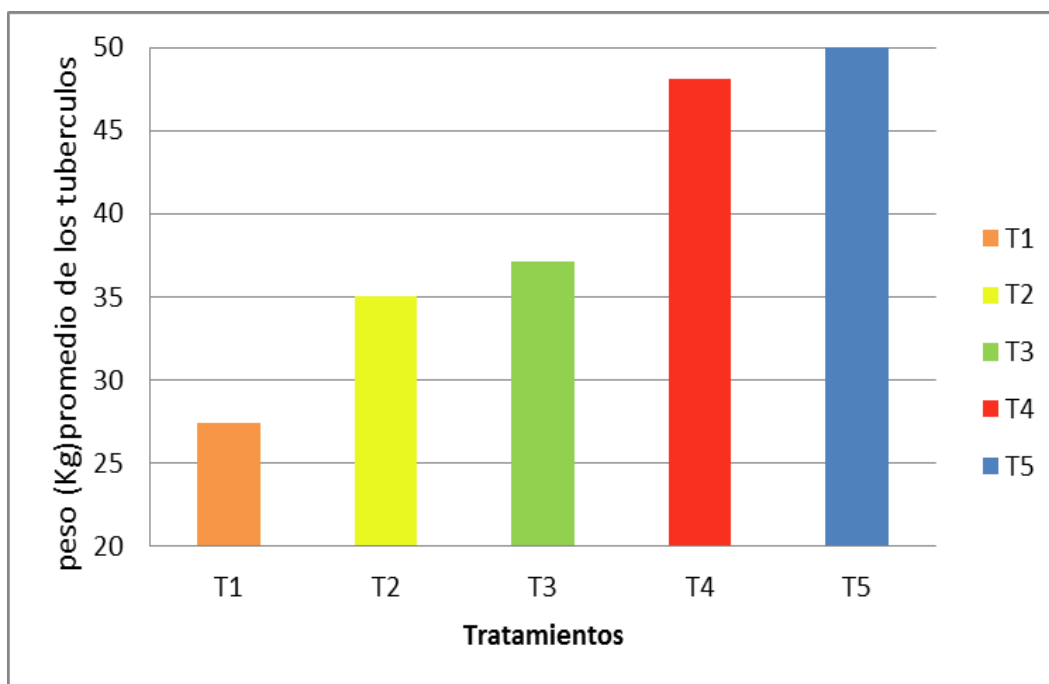
Tukey Agrupamiento	Media	N	TRAT
A	50.105	4	T5
A	48.129	4	T3
B	37.125	4	T4
B	35.017	4	T2
B	27.406	4	T1

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,25341



Figura 18. Resultado de cosecha en Tratamiento 5, Lote 2 (Foto: Ing. Fredy Baron, Asesorías Integrales BFV).

Figura 8 Promedio del peso de los tubérculos del cultivo de papa de la evaluación realizada en Pasca en cuanto a la aplicación del fertilizante Fytofert PK.



Fuente, Torres Y.2016

Como se observa en la Figura9, Hay unas diferencias altamente significativas entre los tratamientos aplicados en la prueba de eficacia; siendo el tratamiento T₅ (FytoFert PK 3,4 Kg/ Há) y (FytoFert PK 2,6 Kg/ Há) las dosis más altas del

producto evaluado la que presento los mejores rendimientos en la variable de peso/calidad.



Figura 19. Resultado de cosecha en Tratamiento 4, Lote 2 (Foto: Ing. Fredy Baron, Asesorías Integrales BFV).



Figura 20. Resultado de cosecha en Tratamiento 3, Lote 2 (Foto: Ing. Fredy Baron, Asesorías Integrales BFV).

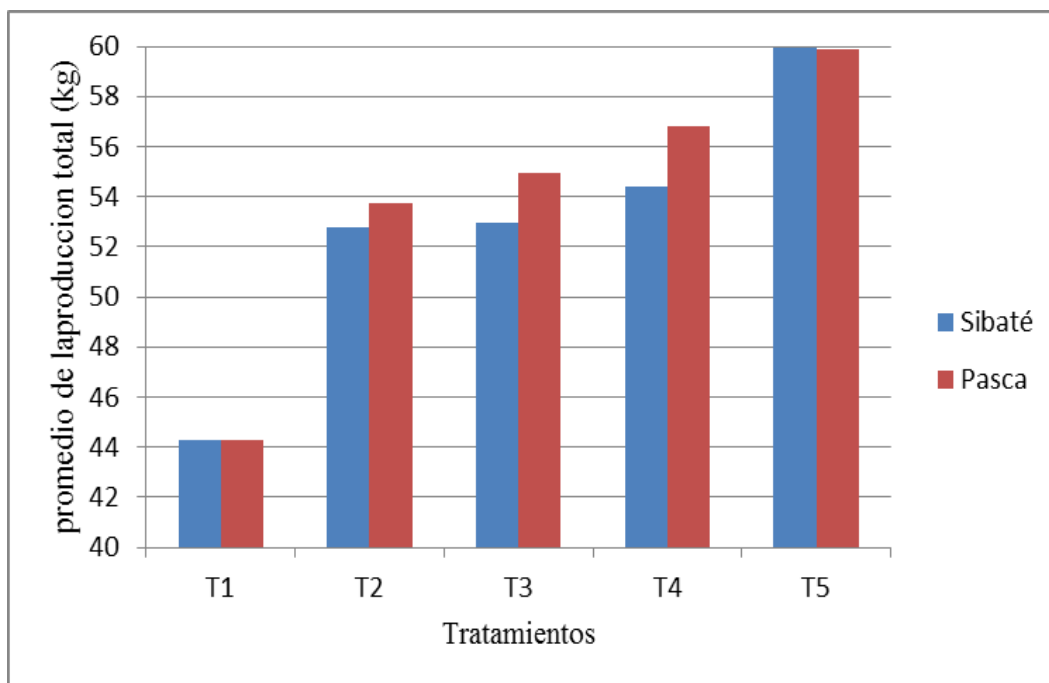
Dado que las condiciones agroclimatológicas fueron favorables para el desarrollo del cultivo y el manejo fue el adecuado, los rendimientos permitieron establecer unas diferencias claras entre los tratamientos aplicados: T₂ (FytoFert PK 1 Kg/ Há), T₃ (FytoFert PK 1,8 Kg/ Há), T₄ (FytoFert PK 2,6 Kg/ Há) y T₅ (FytoFert PK 3,4 Kg/ Há) en comparación con el T₁ (TESTIGO ABSOLUTO) el cual fue significativamente inferior a los demás.

6.5. Tabla 12 Comparación del promedio del peso (Kg) de los tubérculos en Sibaté vs Pasca gracias a aplicación del fertilizante FytoFert PK

Tratamientos	Sibaté	Pasca
T1	44,29	44,29
T2	52,76	53,77
T3	52,97	54,93
T4	54,43	56,82
T5	59,97	59,88

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,36124

Figura 9 Comparación del promedio del peso de los tubérculos del cultivo de papa en municipio de Sibaté vs el municipio de Pasca gracias a la aplicación del fertilizante FytoFert PK



Fuente, Torres Y.2016

En la Figura 10 se puede observar que el comportamiento que tuvo el cultivo en cuanto a la producción de tubérculos de calidad más alta (papa gruesa) fue similar en el ensayo realizado en los dos municipios son lo cual se podría presumir que el fertilizante va actuar eficazmente en cualquier agroecosistema donde se valla a establecer el cultivó de papa y se requiera aplicar un suplemento para el llenado de los tubérculos.

6.6. DISCUSIÓN

En el caso de la papa, el fósforo promueve el crecimiento de las raíces y la rápida formación de tubérculos, por lo que es un elemento crítico en el periodo inicial de desarrollo de la planta y en la tuberización. (Pumisacho y Sherwood, 2002).

Los requerimientos de fósforo en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*) oscilan entre 40 y 100 kg · ha⁻¹ a de P₂O₅, dependiendo especialmente de las características genéticas de la variedad y del rendimiento esperado del cultivo. La mayor demanda nutricional ocurre a partir de que inicia la tuberización del cultivo y su demanda se incrementa después de los sesenta días de la emergencia, cuando el fósforo aplicado en la siembra, ya ha perdido entre el 30 y el 60% de su asimilabilidad dependiendo de la fuente usada y los fenómenos de fijación del elemento (Guerrero, 1998). Después del nitrógeno, el potasio es el nutriente mineral requerido en mayor cantidad por las plantas. El requerimiento del potasio para el óptimo crecimiento vegetal está en el rango de 2- 5 % del peso seco vegetal de las partes vegetativas, frutas carnosas y tubérculos (Marschner, 1995). El potasio es un activador de muchas enzimas esenciales en la fotosíntesis y la respiración, además, activa enzimas reguladoras particularmente de la piruvato quinasa y las fosfofructoquinasas, necesarias para formar almidón y proteínas (Bhandal y Malik, 1988 citado por Salisbury & Ross, 1994). El potasio contribuye de manera importante al potencial osmótico de las células y, por consiguiente, a su presión de turgencia. Su alta movilidad permite que se traslade rápidamente de célula a célula, de Becerra-Sanabria, Navia de Mosquera, Núñez-López 54 tejido viejo a tejido nuevo en desarrollo, o a los órganos de almacenamiento (Marschner, 1995). En el cultivo de la papa, es necesario para el transporte de azúcares desde las hojas hacia los tubérculos.

FytoFert PK es un fertilizante orgánico mineral de granulo soluble que combina los efectos del fosfito de potasio mediante un complejo orgánico para conseguir un efecto sinérgico de sustancias activas. Es aplicable cuando se requiere superar estados de carencia y necesidad relacionados con la falta de fosforo y potasio, permitiendo que la planta tenga una mejor eficiencia en los procesos metabólicos. La acción del fosforo en forma de ion fosfito estimula el crecimiento y los mecanismos de autodefensas aportando fortalecimiento general en la planta. El potasio es de vital importancia para que las plantas tengan un adecuado proceso de fotosíntesis y síntesis de proteínas ayudando a activar las enzimas que participan en la producción de ATP para regular el movimiento de los azucares a través del floema, controla la apertura y el cierre de los estomas regulando la perdida de agua por la planta.

Las aplicaciones de **FytoFert PK** por la presencia del fosfito tiene una función como activador de defensas naturales de las plantas (Fitoalexinas); su actividad sistémica ascendente y descendente le permite actuar sobre el sistema radicular y foliar de las plantas.

Análisis global: (discusión contraste con literatura, artículos científicos)

6.7. Efectos Directos Sobre El Cultivo (Fitotoxicidad)

Se realizó una aplicación en una parcela de 5 m², dicha aplicación estará basada en una dosis del doble de la dosis más alta utilizada en los tratamientos (13 g/litros). Siete días después de la aplicación se evaluaron las plantas de ésta parcela con base en la siguiente escala:

Tabla 7 Escala de fitotoxicidad EWRC para determinar fitotoxicidad en hojas.

GRADO	SÍNTOMA
0	Sin daño visible
1	Debilitamiento de hoja
2	Clorosis de hoja
3	Cierre de nuevos folíolos
4	Entorchamiento de hoja
5	Necrosis o caída de hoja

Fuente, Torres Y.2016

Las pruebas de fitotoxicidad fueron realizadas en áreas adyacentes a la demarcación del ensayo, a una dosis de 2x de la mayor dosis evaluada que correspondía en este caso a 6,8 Kg/Ha del producto comercial.

Las evaluaciones se realizaron a la par con la determinación de nivel de daño; y en ninguna de las dos localidades se evidenció ningún daño o sintomatología referente a una intoxicación por parte de las plantas con FytoFert PK.

Datos climáticos

Se registraron los siguientes datos meteorológicos en el momento de la aplicación: Temperatura máxima, mínima y humedad relativa.

6.8. Tabla 14 Datos Meteorológicos Del Aire Y Suelos

PARAMETROS	Localidad 1 SIBATE	Localidad 2 PASCA
Temperatura	16.5 °C	12.7 °C
Humedad relativa	82%	78%
Temperatura máxima	17.4°C	18.34°C
Temperatura mínima	15.9°C	12.6°C

Altura (msnm)	2.907	3.221
---------------	-------	-------

Fuente, Torres Y.2016

7. EVALUACION COSTO /BENEFICIO

El costo se determinó de acuerdo a la cantidad de kilogramos obtenidos de la calidad primera por hectárea y se considerara el valor de un Kilogramo de fertilizante de \$20.000 (hipotético).

El beneficio se determinó para cada uno de los tratamientos obtenido de la diferencia en (kg/Há) del tratamiento en cuestión en comparación con el testigo absoluto (T₀). La diferencia en kilogramos se multiplico por el precio de venta de dicho kilogramo de papa; que se consideró en \$ 750 (hipotético).

Tabla 15 Localidad 1, Finca La Colonia, Sibaté, Cundinamarca

Tratamiento	Peso (Kg)	Peso (Kg/Ha)	diferencia peso (Kg/Ha)	precio Kg aplicado del fertilizante	Ganancia
Testigo	31,28	3910,25	0	\$ 0,00	\$ 0,00
T2	44,44	5304,52	1394,27	\$ 750,00	\$ 1.045.702,50
T3	39,25	4906,25	996	\$ 750,00	\$ 747.000,00
T4	41,55	5194,05	1283,8	\$ 750,00	\$ 962.850,00
T5	46,64	5830,31	1920,06	\$ 750,00	\$ 1.440.045,00

Fuente, Torres Y.2016

Esto se realiza con el fin de tener un elemento que sirva de soporte en la recomendación de trabajos de campo.

Relación costo / beneficio = costo (\$) / beneficio (\$).

Tabla 16. Resumen tabla costo beneficio, Finca La Colonia, Sibaté, Cundinamarca

Tratamiento	Costo producto	Ganancia/ Producción	Relación costo/ Beneficio
T2	\$ 20.000,00	\$ 1.045.699,22	52,3
T3	\$ 36.000,00	\$ 747.000,00	20,8
T4	\$ 52.000,00	\$ 962.847,66	18,5
T5	\$ 68.000,00	\$ 1.440.046,88	21,2

Fuente, Torres Y.2016

Tabla 17. Localidad 2, Finca San Antonio, Pasca, Cundinamarca

Tratamiento	Peso (Kg)	Peso (Kg/Ha)	diferencia peso (Kg/Ha)	precio Kg aplicado del fertilizante	Ganancia
Testigo	27,41	3425,72	0	\$ 0,00	\$ 0,00
T2	35,02	4377,08	951,36	\$ 750,00	\$ 713.520
T3	37,13	4640,63	1214,91	\$ 750,00	\$ 911.183
T4	48,13	6016,18	2590,46	\$ 750,00	\$ 1.942.845
T5	50,1	6263,07	2837,35	\$ 750,00	\$ 2.128.013

Fuente, Torres Y.2016

Esto se realiza con el fin de tener un elemento que sirva de soporte en la recomendación de trabajos de campo.

Relación costo / beneficio = costo (\$) / beneficio (\$).

Tabla 18. Resumen tabla costo beneficio, Finca La Colonia, Sibaté, Cundinamarca

Tratamiento	Costo producto	Ganancia / Producción	Relación costo/ Beneficio
T2	\$ 20.000,00	\$ 713.517,19	35,7
T3	\$ 36.000,00	\$ 911.179,69	25,3
T4	\$ 52.000,00	\$ 1.942.844,53	37,4
T5	\$ 68.000,00	\$ 2.128.010,16	31,3

Fuente, Torres Y.2016

8. CONCLUSIONES

En las dos pruebas efectuadas con el producto FytoFert PK se pudo apreciar de manera muy marcada que tuvo unos resultados muy favorables en los componentes de rendimiento del cultivo sirviendo como referencia el Testigo absoluto (Tratamiento si aplicar).

Es de anotar que en cada una de los lotes escogidos para el montaje del ensayo los resultados obtenidos fueron diferentes entre sí atribuible esto a las condiciones disimiles de agroclimatología y de manejo por parte de los productores; es posible dilucidar que los tratamientos que reportaron los mejores valores de producción fueron: T₄ (FytoFert PK 2,6 Kg/ Há) y T₅ (FytoFert PK 3,4 Kg/ Há) por ello la dosis recomendada de uso de este producto debería estar contenida dentro este rango, dependiendo el análisis de tipo comercial.

En el análisis realizado de costo beneficio para la utilización de este producto por parte del agricultor; fue muy favorable en todas las dosis y localidades evaluadas esto debido a que las producciones de todos los tratamientos fueron muy superiores a los tratamientos de referencia (Testigo absoluto); destacándose la relación en la segunda localidad que por sus altos rendimientos reportan una relación costo/beneficio C/B, muy favorable para el productor.

Debido a que en las dos localidades presentaron características muy diferentes y los resultados obtenidos reflejan que el producto evaluado tiene buena eficacia en cualquier condición en la que sea aplicado.

9. BIBLIOGRAFIA

1. Alarcón, N. 2000. Efecto del Potasio en la Calidad de la Papa Para Industria En: Papas Colombianas 2000. 3 (1 – 2): 78-84.
2. Bernal, J. y Espinosa, J. 2003. Manual de Nutrición y Fertilización de Pastos. Instituto de la Potasa y el Fósforo. INPOFOS. Quito – Ecuador. CCI. 2006. Información de Monitoreo Internacional.
3. http://www.agronet.gov.co/docs_agronet/2006427152421_PAPAPROCESADA_Marzo.pdf. 13p. Consulta: Diciembre de 2007 Durán, L.F, y Peña, F.J. 1997. Respuesta de la papa criolla (S. phueja J. et Buk) a la aplicación de fuentes y dosis de potasio en suelos derivados de cenizas volcánicas. Facultad de Ingeniería, Carrera de Ing. Agronómica.
4. UDCA, Bogotá, Colombia. 70 p. Kampraht, E. 1974. Phosphate sorption isotherms for evaluating the phosphate requirements of soils. Soil Sci. Soc Amer. Proc. 34: 902-907.
5. Guerrero, R. 1998. (ed.) Fertilización de Cultivos en Clima Frío. Monómeros ColomboVenezolanos. Santa Fe de Bogotá. 425 p.
6. Martínez, H. *La cadena de la papa en Colombia*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Observatorio agrocadenas Colombia. 2005
7. Mori, R. *La Papa: de los Andes para el Mundo*, Ministerio de agricultura Lima, Perú. 2006.
8. Riega C. *El cultivo de papa*, Universidad Autónoma de Sinaloa, Culiacán, Sinaloa, México. 2013
9. Román M. Guía técnica cultivo de papa. Centro nacional de tecnología agropecuaria y forestal. El Salvador. 2002
10. Fenología de la papa.pdf disponible en (<http://www.sqm.com/es-es/home.aspx>)
11. Bonsaimenorca; disponible en: <http://www.bonsaimenorca.com/articulos/articulos-tecnicos/fosfito-potasico>.
12. Sibaté, (2009) Recuperado de: (<http://www.Sibaté.cundinamarca.gov.-co/index.shtml>)
13. Pasca, (2002) Recuperado de: (<http://www.Pasca.cundinamarca.gov.-co/index.shtml>)
14. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria INTA. Disponible en: <http://www.inta.gov.ar/balcarce/propapa/actpap/16/Fertilizacion.htm>
15. Martínez H. 2005. La cadena de la papa en Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Observatorio agrocadenas Colombia.

Disponible en:
http://www.agronet.gov.co/www/docs_agronet/2005112163731_caracterizacion_papa.pdf

16. Salisbury F. and Ross C. 1992. Fisiología Vegetal. Ed. Ibero Americana, Mexico. 759 p

17. Sánchez J. Fertilidad del suelo y nutrición mineral de las plantas. Disponible en:
<http://www.agronegociosperu.org/downloads/FERTILIDAD%20DEL%20SUELO%20Y%20NUTRICION.pdf>

10. ANEXOS

- **DATOS ESTADÍSTICOS FINCA LA COLONIA, SIBATÉ.**

Sistema SAS
Procedimiento GLM

Información de nivel de clase
Clase Niveles Valores
TRAT 5 T1 T2 T3 T4 T5
BLO 4 1 2 3 4
MUET 1 1

Número de observaciones leídas 20
Número de observaciones usadas 20

Sistema SAS 12:00 Monday, January 5, 2009 2

Procedimiento GLM

Variable dependiente: **CALIDAD PRIMERA**

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	19	1115.455053	58.708161	.	.
Error	0	0.000000	.		
Total corregido	19	1115.455053			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	CAL1 Media
1.000000	.	.	40.23260

Fuente	DF	Cuadrado de Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRAT	4	515.0515584	128.7628896	.	.
BLO	3	121.4557148	40.4852383	.	.
TRAT*BLO	12	478.9477796	39.9123150	.	.

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRAT	4	515.0515584	128.7628896	.	.
BLO	3	121.4557148	40.4852383	.	.
TRAT*BLO	12	478.9477796	39.9123150	.	.

Tests de hipótesis usando el MS Tipo III para TRAT*BLO como un término de error

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRAT	4	515.0515584	128.7628896	3.23	0.0514

**Sistema SAS
Procedimiento GLM**

Prueba del rango múltiple de Duncan para Calidad Primera “papa gruesa”

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

Alpha	0.05			
Error Degrees of Freedom	12			
Error de cuadrado medio	39.91231			
Número de medias	2	3	4	5
Rango crítico	9.73	10.19	10.46	10.65

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Duncan Agrupamiento	Media	N	TRAT
A	46.643	4	T5
A	42.436	4	T3
A	41.552	4	T4
B A	39.250	4	T2
B	31.282	4	T1

Sistema SAS
Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para **CALIDAD PRIMERA**

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un Índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	12
Error de cuadrado medio	39.91231
Valor crítico del rango estudentizado	4.50771
Diferencia significativa mínima	14.239

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	TRAT
A	46.643	4	T5
B A	42.436	4	T3
B A	41.552	4	T4
B A	39.250	4	T2
B	31.282	4	T1

Sistema SAS
Procedimiento GLM

Variable dependiente: **TOTAL PRODUCCION**

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	19	1507.008263	79.316224	.	.
Error	0	0.000000	.	.	.
Total corregido	19	1507.008263			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	TOTAL Media
1.000000	.	.	52.86880

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRAT	4	501.0450652	125.2612663	.	.
BLO	3	342.5291539	114.1763846	.	.
TRAT*BLO	12	663.4340436	55.2861703	.	.

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRAT	4	501.0450652	125.2612663	.	.
BLO	3	342.5291539	114.1763846	.	.
TRAT*BLO	12	663.4340436	55.2861703	.	.

Tests de hipótesis usando el MS Tipo III para TRAT*BLO como un término de error

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRAT	4	501.0450652	125.2612663	2.27	0.1225

Sistema SAS Procedimiento GLM

Prueba del rango múltiple de Duncan para **TOTAL PRODUCCION**

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

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	12
Error de cuadrado medio	55.28617

Número de medias	2	3	4	5
Rango crítico	11.46	11.99	12.31	12.53

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	TRAT
A	59.884	4	T5
B A	54.433	4	T4
B A	52.971	4	T3
B A	52.765	4	T2
B	44.291	4	T1

- **DATOS ESTADISTICOS FINCA SAN ANTONIO, PASCA**

**Sistema SAS
Procedimiento GLM**

Información de nivel de clase

Clase	Niveles	Valores				
		T1	T2	T3	T4	T5
TRAT	5					
BLO	4	1	2	3	4	
MUET	1	1				

Número de observaciones leídas 20
Número de observaciones usadas 20

Sistema SAS 12:00 Monday, January 5, 2009 2

Procedimiento GLM

Variable dependiente: **CALIDAD PRIMERA**

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	19	2114.821207	111.306379	.	.
Error	0	0.000000		.	.
Total corregido	19	2114.821207		.	.

R-cuadrado Coef Var Raíz MSE CAL1 Media
1.000000 . . 39.55626

Fuente	DF	Cuadrado de		F-Valor	Pr > F
		Tipo I SS	la media		
TRAT	4	1435.677936	358.919484	.	.
BLO	3	194.321641	64.773880	.	.
TRAT*BLO	12	484.821630	40.401803	.	.

Fuente	DF	Cuadrado de		F-Valor	Pr > F
		Tipo III SS	la media		
TRAT	4	1435.677936	358.919484	.	.
BLO	3	194.321641	64.773880	.	.
TRAT*BLO	12	484.821630	40.401803	.	.

Tests de hipótesis usando el MS Tipo III para TRAT*BLO como un término de error

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRAT	4	1435.677936	358.919484	8.88	0.0014

**Sistema SAS
Procedimiento GLM**

Prueba del rango múltiple de Duncan para **CALIDAD PRIMERA**

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

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	12
Error de cuadrado medio	40.4018

Número de medias	2	3	4	5
Rango crítico	9.79	10.25	10.53	10.71

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Duncan Agrupamiento	Media	N	TRAT
A	50.105	4	T5
A	48.129	4	T4
B	37.125	4	T3
B	35.017	4	T2
B	27.406	4	T1

**Sistema SAS
Procedimiento GLM**

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para **CALIDAD PRIMERA**

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un Índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	12
Error de cuadrado medio	40.4018
Valor crítico del rango estudentizado	4.50771
Diferencia significativa mínima	14.326

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento		Media	N	TRAT
	A	50.106	4	T5
	B A	48.129	4	T4
	B A	37.125	4	T3
	C B	35.017	4	T2
	C	27.406	4	T1

**Sistema SAS
Procedimiento GLM**

Variable dependiente: **TOTAL PRODUCCION**

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	19	2411.257997	126.908316	.	.
Error	0	0.000000		.	.
Total corregido	19	2411.257997		.	.

R-cuadrado 1.000000 Coef Var . Raíz MSE . TOTAL Media 53.03112

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRAT	4	1728.621646	432.155412	.	.
BLO	3	191.540098	63.846699	.	.
TRAT*BLO	12	491.096254	40.924688	.	.

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRAT	4	1728.621646	432.155412	.	.
BLO	3	191.540098	63.846699	.	.
TRAT*BLO	12	491.096254	40.924688	.	.

Tests de hipótesis usando el MS Tipo III para TRAT*BLO como un término de error

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRAT	4	1728.621646	432.155412	10.56	0.0007

**Sistema SAS
Procedimiento GLM**

Prueba del rango múltiple de Duncan para **TOTAL PRODUCCION**

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

Alpha		0.05		
Error Degrees of Freedom		12		
Error de cuadrado medio		40.92469		
Número de medias	2	3	4	5
Rango crítico	9.86	10.32	10.60	10.78

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	TRAT
A	64.318	4	T5
A	62.199	4	T4
B	50.090	4	T2
B	49.693	4	T3
C	38.856	4	T1

**Sistema SAS
Procedimiento GLM**

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para

TOTAL PRODUCCION

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un Índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alpha		0.05	
Error Degrees of Freedom		12	
Error de cuadrado medio		40.92469	
Valor crítico del rango estudentizado		4.50771	
Diferencia significativa mínima		14.418	

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	TRAT
--------------------	-------	---	------

		A	64.318	4	T5
	B	A	62.199	4	T4
C	B	A	50.090	4	T2
C	B		49.693	4	T3
C			38.856	4	T1

- **Localidad 1, Finca La Colonia, Sibaté, Cundinamarca**



Figura 11. Finca La Colonia, Sibaté, Cundinamarca, Demarcacion en cultivo (Foto: Ing. Fredy Baron, Asesorías Integrales BFV).



Figura 12. Resultado en cosecha (Foto: Ing. Fredy Baron, Asesorías Integrales BFV).



Figura 13. Resultado en cosecha del Trat 3/Rep 3, (Foto: Ing. Fredy Baron, Asesorías Integrales BFV).



Figura 14. Resultado en cosecha del Trat 4/Rep 3, (Foto: Ing. Fredy Baron, Asesorías Integrales BFV).



Figura 15. Demostración en proceso del llenado de la papa (Foto: Ing. Fredy Baron, Asesorías Integrales BFV).

- **Localidad 2, Finca San Antonio, Pasca, Cundinamarca**



Figura 16. Finca San Antonio, Pasca, Cundinamarca, Demarcación en cultivo (Foto: Ing. Fredy Baron, Asesorías Integrales BFV).



Figura 17. Aplicación y fumigación en el lote 2 (Foto: Ing. Fredy Baron, Asesorías Integrales BFV).



Figura 18. Resultado de cosecha en Tratamiento 5, Lote 2 (Foto: Ing. Fredy Baron, Asesorías Integrales BFV).



Figura 19. Resultado de cosecha en Tratamiento 4, Lote 2 (Foto: Ing. Fredy Baron, Asesorías Integrales BFV).



Figura 20. Resultado de cosecha en Tratamiento 3, Lote 2 (Foto: Ing. Fredy Baron, Asesorías Integrales BFV).



Figura 21. Resultado de cosecha en Tratamiento 2, Lote 2 (Foto: Ing. Fredy Baron, Asesorías Integrales BFV).



Figura 22. Resultado de cosecha en Tratamiento 1, Lote 2 (Foto: Ing. Fredy Baron, Asesorías Integrales BFV).



Figura 23. Resultado y recolección de cosecha (Foto: Ing. Fredy Baron, Asesorías Integrales BFV).



Figura 24. Clasificación por tamaños (Foto: Ing. Fredy Baron, Asesorías Integrales BFV).



Figura 25. Resultado y clasificación por tamaños (Foto: Ing. Fredy Baron, Asesorías Integrales BFV).



Figura 26. Aherencia del FytoFert PK al Follaje (Foto: Ing. Fredy Baron, Asesorías Integrales BFV).



Figura 27. Aherencia del producto al follaje y florecencia (Foto: Ing. Fredy Baron, Asesorías Integrales BFV).



Figura 28. Pesaje del producto en el lote 1 Finca La Colonia, Sibaté, Cundinamarca (Foto: Ing. Fredy Baron, Asesorías Integrales BFV).



Figura 29. Pesaje del producto en el lote 2 Finca San Antonio, Pasca, Cundinamarca (Foto: Ing. Fredy Baron, Asesorías Integrales BFV).