

Evaluación de la producción agronómica de la Papa criolla (*Solanum phureja* Juz. et Buk.) orgánica, en la vereda Monteadentro del Municipio de Pamplona – Norte de Santander

Angyelina Coromoto Guillen López & Carlos Alberto Gómez García
Febrero 2016.

Universidad De Pamplona
Facultad De Ciencias Agrarias
Departamento De Agronomía
Ingeniería Agronómica

Evaluación de la producción agronómica de la Papa criolla (*Solanum phureja* Juz. et Buk.) orgánica, en la vereda Monteadentro del Municipio de Pamplona – Norte de Santander

Angyelina Coromoto Guillen López Código: 88764029
Carlos Alberto Gómez García Código: 88254087

Trabajo de investigación profesional presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Agrónomo

DIRECTORA

Neyza Marlene Guerrero Rozo
Ingeniero Agrónomo
Profesora Asociada Universidad de Pamplona

CO – DIRECTOR

Enrique Quevedo García
Ingeniero Agrónomo
MSc.Ciencias Agrarias. Área Fisiología de Cultivos
Profesor Asociado Universidad de Pamplona

Universidad de Pamplona
Facultad de Ciencias Agrarias
Departamento de Agronomía
Ingeniería Agronómica
Pamplona
2016

Dedicatoria

Al Santo Cristo de la Grita, por haberme guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi luz y camino y haberme dado fortaleza para seguir adelante en aquellos momentos de debilidad.

A mis padres:

Angel Omar y Dubia Coromoto, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación Por ser mi apoyo incondicional, por creer en este sueño y estar presentes en el logro de mi meta. Los amo

A mis hermanos:

Angel Eduardo, Marcos y Genesis Ariadna, por ser parte importante en mi vida, llenarme de buenos momentos, alegrías y amor, ustedes son mi motivación.

A mis amigos:

Liseth, Rocio, Mariangel, Renier G, Renier P y Juset, por contar con su infinito apoyo y amistad incondicional en todo momento.

Erika, Deissy, Lorena y Elizabeth gracias por su gran amistad y haber hecho de mi etapa universitaria un trayecto de vivencias que nunca olvidare.

Los quiero

A todas y a cada una de las personas que creyeron y confiaron en mi a lo largo de mi carrera. Muchas gracias.

Angyelina Guillen

Dedicatoria

A mis padres:

Carlos Orlando y Ana Edilma, por apoyarme en todo momento y por darme la oportunidad de cumplir mis metas, sin ustedes esto no sería posible. Los quiero.

A mis hermanos y primo:

Diego Orlando y Angélica María, José Alexander, por ser parte importante en mi vida, por apoyarme en aquellos momentos de necesidad y ayudar a la unión familiar.

A mis tíos:

Oneida, Evelio y Gabriel, gracias por ser mi compañía y apoyo, en este proceso universitario lejos de mis padres.

A mis amigos:

Magda, Karelly, Yaneth, Sulay, Zuleyma y Javier, Por ser mi apoyo incondicional, por creer en este sueño. Gracias por su amistad.

A mi sobrino:

Juan Diego, por ser mi motivación y llenarme de alegrías.

Carlos Alberto Gómez.

Agradecimientos

Le agradecemos a Dios por habernos acompañado y guiado a lo largo de nuestra carrera, por ser nuestra fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarnos una vida llena de aprendizajes, experiencias y felicidad.

Le damos Gracias a nuestros Padres, por apoyarnos en todo momento y por los valores que nos han inculcado.

Le agradecemos la confianza, apoyo y dedicación en este proceso a la tutora I.A Neyza Guerrero y al co-tutor I.A MSc.Ciencias Agrarias. Área Fisiología de Cultivos Enrique Quevedo, por haber compartido con nosotros sus conocimientos y su amistad incondicional.

Gracias infinitas a Lincoln Monroy Parra y familia, por habernos brindado la confianza, apoyo y oportunidad de desarrollar nuestro trabajo de grado durante 7 meses en su finca.

A nuestras amigas Yaneth y Magda por su apoyo y acompañamiento en todo momento.

Al docente I.A Oscar Duran Higuera, por su colaboración durante el proceso y los conocimientos aportados.

Y a los demás familiares, compañeros y docentes que estuvieron presentes a lo largo de nuestra formación profesional.

Tabla de Contenidos

Capítulo 1	12
Introducción.....	12
1 Problema.....	14
1.1 Planteamiento del problema	14
2 Justificación.....	15
3 Delimitación	16
3.1 Alcance social y temporal.....	16
3.2 Alcance académico y/o investigativo	16
4 Objetivos.....	17
4.1 Objetivo general	17
4.2 Objetivos específicos.....	17
5 Marco de referencia	18
5.1 Antecedentes.....	18
5.1.1 Antecedentes Nacionales.....	18
5.1.2 Antecedentes Internacionales	19
5.2 Marco contextual	21
5.2.1 El Departamento Norte de Santander.....	21
5.2.2 La provincia de Pamplona	21
5.3 Marco teórico.....	22
5.3.1 Generalidades del cultivo de Papa criolla (<i>S. phureja</i> Juz. et Buk.).....	22
5.3.2 Producción de papa criolla en el Norte de Santander.....	25
5.3.3 Variedades de papa criolla en Colombia.....	25
5.3.4 Componentes de rendimiento	27
5.3.5 Grados día calor.....	28
5.3.6 Aplicaciones orgánicas	29
6 Metodología.....	32
6.1 Diseño metodológico.....	32
6.1.1 Ubicación.....	32
6.1.2 Diseño Experimental	33
6.1.4 Descripción de los tratamientos.....	33
6.1.4 Paquete tecnológico.....	34
6.1.5 variables.....	35
6.1.6 Análisis estadísticos.....	35
6.1.7 Día de campo.....	36
Capítulo 4	37
7. Resultados y Discusión.....	37
7.1 Escala fenológica del cultivo de Papa criolla <i>S. phureja</i> para la zona de estudio	37
7.2 Prueba de Duncan con su respectivo Anova para los caracteres morfofisiológicos	39
7.3 Correlación de Pearson para los caracteres morfofisiológicos	47
7.4 componentes de rendimiento primario	49
7.5 Evaluación fitosanitaria del cultivo de papa Criolla (<i>S. phureja</i>) orgánica.....	52
7.5.1 Manejo cultural de Babosas (<i>Deroceras</i> sp).....	53
7.5.2 Virus del amarillamiento de las venas de la papa (PYVV).....	54

7.6 Grados días calor en cada estado fenológico en los tratamientos evaluados para el cultivo de papa criolla orgánica.....	56
8. Conclusiones.....	62
9. Recomendaciones	63
Bibliografía.....	64
Anexos.....	69

Lista de tablas

Tabla 1. Escala fenológica BBCH para papa criolla S. phureja var. ‘Criolla Colombia’ evaluadas en la investigación	25
Tabla 2. Descripción de los tratamientos.....	33
Tabla 3. Descripción del paquete tecnológico para el cultivo de papa criolla orgánica.....	34
Tabla 4. Determinación de la etapa fenológica en finca La Paz para el cultivo de papa criolla S. phureja.....	37
Tabla 5. Análisis de varianza (ANOVA) medidas repetitivas: Variable dependiente transformada logaritmo en base 10 para número de tallos y prueba de Duncan.....	39
Tabla 6. Análisis de varianza (ANOVA) medidas repetitivas: Variable dependiente transformada logaritmo en base 10 para número de hojas foto sintéticamente activas y prueba de Duncan	41
Tabla 7. Análisis de varianza (ANOVA) medidas repetitivas: Variable dependiente transformada logaritmo en base 10 para área foliar y prueba de Duncan	42
Tabla 8. Análisis de varianza (ANOVA) medidas repetitivas: Variable dependiente transformada logaritmo en base 10 del diámetro de copa más pequeña y prueba de Duncan.....	43
Tabla 9. Análisis de varianza (ANOVA) medidas repetitivas: Variable dependiente transformada logaritmo en base 10 del diámetro de copa más grande y prueba de Duncan	44
Tabla 10. Análisis de varianza (ANOVA) medidas repetitivas: Variable dependiente transformada R cuadrado de índice de área foliar y prueba de Duncan	45
Tabla 11. Coeficiente de correlación de Pearson entre las variables para estimar modelos en las plantas de papa criolla S. phureja en la provincia de Pamplona, Colombia.	47
Tabla 12. Descriptivos para el rendimiento de la producción de papa S. phureja orgánica.....	49
Tabla 13. Anova de un factor para comparar el rendimiento de cosecha utilizando como tratamiento 3 dosis.....	50
Tabla 14. Contrastes para determinar la diferencia entre los tratamientos.....	51
Tabla 15. Resultados de producción en sus distintos tratamientos T1, T2 y T3 para el ensayo papa criolla orgánica.....	53
Tabla 16. Modelo de regresión cubica para determinar los Grados Días Calor para el tratamiento 1	56
Tabla 17. Tabla de Anova de la regresión cubica para determinar los Grados Días Calor para el tratamiento 1	57
Tabla 18. Tabla de coeficientes del modelo de la regresión cubica para estimar los Grados Días Calor para el tratamiento 1 (50%)	57
Tabla 19. Modelo de regresión cubica para determinar los Grados Días Calor para el tratamiento 2	58
Tabla 20. Tabla de Anova de la regresión cubica para determinar los Grados Días Calor para el tratamiento 2	58
Tabla 21. Tabla de coeficientes del modelo de la regresión cubica para estimar los Grados Días Calor para el tratamiento 2 (25%)	59
Tabla 22. Modelo de regresión cubica para determinar los Grados Días Calor para el tratamiento 3.....	59

Tabla 23. Anova de la regresión cubica para determinar los Grados Días Calor para el tratamiento 3.	60
Tabla 24. Coeficientes del modelo de la regresión cubica para estimar los Grados Días Calor para el tratamiento3 (75%).	60

Lista de figuras

Figura 1. Ubicación de la parcela a trabajar en la finca La Paz, de la vereda Monte Adentro, Pamplona Norte de Santander	32
Figura 2. Diseño de bloques completos al azar con 3 repeticiones.	33
Figura 3. Índice de área foliar para los tres tratamientos.....	47
Figura 4. Individuos capturados de babosas (<i>Deroceras</i> sp.) mensualmente en 4 trampas distribuidas en los bloques del ensayo.	54
Figura 5. Planta afectada por virus (PYVV), en el ensayo experimental establecido en la finca la paz.....	55
Figura 6. Numero de machos capturas de polilla guatemalteca (<i>T. solanivora</i>) por semana epidemiológica.	56
Figura 7. Media del logaritmo natural del número de tubérculos por planta.	69
Figura 8. Media del logaritmo natural del peso de los tubérculos por planta.....	70
Figura 9. Acumulación de los grados días calor por estado fenológico en el tratamiento 1.	71
Figura 10. Acumulación de los grados días calor por estado fenológico en el tratamiento 2. ..	72
Figura 11. Acumulación de los grados días calor por estado fenológico en el tratamiento 3. ..	73

Lista de anexos

Anexo 1. Gráficas de la media del contraste evaluado en cuanto al número de tubérculo por planta.	69
Anexo 2. Gráficas de la media del contraste evaluado en cuanto al peso de los tubérculos por planta.	70
Anexo 3. Gráficas de la acumulación de los grados días calor por estado fenológico en los tres tratamientos.	71
Anexo 4. Análisis de suelo en finca La Paz.	75
Anexo 5. Evidencias en campo.	78

Capítulo 1

Introducción

La papa constituye uno de los cultivos más importante en el consumo humano, ocupando el cuarto lugar, después del maíz, el trigo y el arroz (Moreno & Carvajal, 2009). En Colombia el cultivo de papa se distribuye en 14 departamentos, presentando diversos sistemas de producción y adaptado a amplios sistemas agroecológicos. Donde los principales departamentos productores son Cundinamarca, Boyacá, Nariño y Antioquia. La producción nacional de papa criolla para el año 2013 fue de 160.390 toneladas, en una área sembrada de 11.736 hectáreas y un rendimiento promedio de 13.7 t/ha (FEDEPAPA, 2013).

El cultivo de papa criolla es uno de los sistemas productivos más importantes económica y socialmente en Colombia. A pesar de ser cultivada en otros países andinos como Perú, Ecuador y Bolivia (*Solanum phureja*), no se explota allí comercialmente en el nivel que lo hace Colombia, que es su principal productor. (Santamaría. Mikol & Montañez. Johana, 2010).

El ciclo vegetativo de la papa criolla es corto, pues solo requiere de 4 meses desde la siembra hasta la cosecha, lo que implica que una adecuada planeación permitiría lograr cultivos escalonados para una producción permanente durante todo el año. En términos generales, el cultivo de papa criolla es un 50% más barato que el de las variedades tradicionales cultivadas en el país. (Arias. Victoria y Bustos. Patricia, 2012). El rendimiento de la papa se debe a los factores agroecológicos que se relacionan con la planta, suelo-agua, en su etapa productiva. La planta para su funcionamiento depende de la densidad de siembra, estado sanitario y fisiológico de la semilla, disponibilidad de nutrientes y agua, temperatura, intensidad de luz y longitud del día (Escallón, Ramírez, & Nústez, 2005).

Según el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural 2009, para lograr realizar un cambio de producción convencional a orgánica se requiere pasar por un proceso de conversión, para lo cual, es necesario identificar, adaptar y construir junto con los productores, tecnologías sostenibles, amigables con el medio ambiente, que generen una mínima dependencia de insumos externos y el uso de metodologías que permitan la mayor participación posible de la comunidad, al igual que de la institucionalidad local y regional.

El presente trabajo tiene como objetivo la evaluación de la producción agronómica de Papa criolla (*S. phureja*) orgánica evaluando número de tallos, área foliar, número de hojas fotosintéticamente activas, índice de área foliar, peso de los tubérculos por planta y número de tubérculos por planta, sus estados fenológicos y la acumulación de los grados calor día, y así poder determinar cómo se comporta el crecimiento y desarrollo del cultivo para las condiciones que presenta Pamplona.

1 Problema

1.1 Planteamiento del problema

El modelo de agricultura que se impone en Colombia ha generado toda una serie de efectos negativos sobre el medio ambiente, la problemática generada se puede agrupar en el deterioro de los recursos naturales entre los que señala el deterioro del recurso suelo, efectos sobre el recurso hídrico, efectos en los ecosistemas asociados a la agricultura, entre los que se señalan los conflictos de uso en los páramos, pérdida de humedales, desaparición de las selvas secas tropicales, reducción de la biodiversidad y adicionalmente se expresan los efectos que ha generado ese tipo de agricultura sobre la salud humana a causa del uso indiscriminado e inadecuado de pesticidas. El sistema productivo de la papa es uno de los que más se caracteriza por hacer uso intensivo de agroquímicos y de contribuir al deterioro de los suelos, además de generar afectación a la disponibilidad y calidad del agua, lo anterior entre otras razones, es generado por ser el sistema de producción que posee la mayor demanda de fungicidas e insecticidas y la segunda de fertilizantes químicos, después del café.

Con la realización de este trabajo investigativo se pretende dar a conocer e impulsar los cultivos orgánicos en el Municipio de Pamplona, ya que es en uno de los sectores agrícolas donde más se utilizan los insumos químicos, de igual manera impulsar la Papa criolla (*S. phureja Juz*), el cual es uno de los sistemas productivos más importantes económica y socialmente en Colombia. Así mismo desarrollar la investigación ya que no se cuenta con antecedentes en el departamento Norte de Santander ni en el municipio de Pamplona..

2 Justificación

La papa criolla, como se le conoce en Colombia, tiene un reconocido valor alimenticio; una hectárea de Papa criolla *S. phureja* duplica el rendimiento de proteínas de una hectárea de trigo. Además contiene proteína de alta calidad (2%) y cuenta con todos los aminoácidos esenciales y vitamina C. (Muñoz Luis & Lucero Any, 2008).

Se considera pertinente generar alternativas viables para evitar los impactos que viene generando la producción convencional de papa criolla, la alternativa que el presente proyecto tiene como finalidad adoptar un modelo de agricultura que asegure el manejo racional de los recursos, la inocuidad, el mejoramiento de la calidad de vida de los productores y consumidores en términos de salud, fortalecimiento social y económico, de tal manera que asegure la sostenibilidad presente y futura de esta actividad productiva.

3 Delimitación

3.1 Alcance social y temporal

La realización de este trabajo tiene como alcance investigativo o científico el establecimiento del cultivo orgánico de la Papa criolla (*S. phureja*), en la vereda Monte Adentro, mediante la elaboración de ecuaciones predictivas para que utilizando métodos no destructivos se logre conocer el comportamiento de variables determinantes de la fenología y la acumulación de los grados días calor y su producción en el Municipio de Pamplona, Norte de Santander, en un tiempo aproximadamente de 7 meses. Cabe resaltar que estas ecuaciones de predicción mencionadas anteriormente solo son aplicables para esta ubicación.

3.2 Alcance académico y/o investigativo

Con el desarrollo del presente trabajo de investigación se busca proporcionar al productor conocimiento y técnicas para la implementación de cultivos orgánicos, y de esta manera impulsar los cultivos de tubérculos importantes en los mercados nacionales e internacionales, integrando prácticas agronómicas que permitan un buen desarrollo y productividad como lo es conocer el comportamiento de la Papa criolla (*S. phureja*), en cada una de sus etapas fenológicas. También se ofrecerá al estudiante o investigador metodologías sencillas y aplicables en corto tiempo para fomentar la investigación de aula y proyectos pequeños que permitan la integración y utilización de otras disciplinas que generen resultados veraces y útiles al sector productivo de la región.

4 Objetivos

4.1 Objetivo general

Evaluar la producción agronómica de la Papa criolla (*S. phureja*) orgánica, utilizando tres tratamientos en la vereda Monteadentro del Municipio de Pamplona.

4.2 Objetivos específicos

- Determinar la escala fenológica del cultivo de Papa criolla orgánica para la zona de estudio en base a la escala internacional BBCH.
- Evaluar la producción agronómica de Papa Criolla en cada uno de los tratamientos orgánicos.
- Establecer los grados días calor para el cultivo de Papa criolla orgánica por cada estado fenológico.

5 Marco de referencia

5.1 Antecedentes

Para el avance de la investigación se eligieron como antecedentes trabajos de investigación, realizados por, Muños. L, Lucero. A, 2008; Santamaría. M, Montañez. J, & Sánchez. R, 2010; Rodríguez. L, Tinjacá. S, 2014; (Nacionales) Cueva. K & Erreis. R, 2008; Oleas. E, 2015; Suquilanda. M, 2013 (Internacionales).

5.1.1 Antecedentes Nacionales

Muños L & Lucero A, 2008. Estudiaron el efecto de la fertilización orgánica en el cultivo de papa criolla *S. phureja* Los resultados mostraron que la fertilización conjunta de abono químico 13-26-6 y abono orgánico en dosis de 300-800 kg ha⁻¹ dieron los mayores rendimientos de *S. phureja* de primera y total, con 6.366,7 y 13.888,9 kg ha⁻¹ respectivamente. Además, se encontró que para el cultivo de papa criolla las cantidades adecuadas de abono orgánico están entre 800 y 1.200 kg ha⁻¹ y la mejor dosis de fertilizante químico fue la de 300 kg ha⁻¹. Los resultados mostraron que el cultivo de *S. phureja* reaccionó favorablemente en cuanto a rendimiento con dosis altas de abono orgánico; pero la dosis 900 kg ha⁻¹ de fertilizante químico 13- 26-6 no incrementó la producción, tal vez porque las mayores cantidades de nitrógeno inciden en un desarrollo excesivo de follaje el cual se va en vicio y no de tubérculos. El análisis económico demostró que el tratamiento 300/800 kg ha⁻¹ de fertilizante químico y abono orgánico fue el que tuvo la mayor relación beneficio-costo.

Santamaría. M, Montañez. J, & Sánchez. R, 2010. Evaluaron la producción limpia de papa criolla (*Solanum phureja*) en Madrid, Cundinamarca. Implementando para la producción limpia, fertilización orgánica comercial y manejo fitosanitario con insumos biológicos; y para la producción convencional fertilización orgánica comercial más abono mineral compuesto

10-30-10 y manejo fitosanitario con insumos de síntesis química. Los resultados mostraron que en las variables evaluadas número de tubérculos por planta, tamaño y peso de tubérculos por planta y peso de la producción por planta no se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. Estos resultados sugieren que en las condiciones del Ceagro San Pablo se pueden obtener producciones de *Solanum phureja* mediante alternativas de manejo limpias que no deterioran el ambiente y mejoran la calidad de los tubérculos.

Rodríguez. L, Tinjacá. S, 2014. Estudiaron las pruebas de evaluación agronómica (pea) de genotipos de papa criolla (grupo phureja) para la región natural andina, subregión natural nudo de los pastos. En este estudio se realizó las pruebas de evaluación agronómico para registro de nuevos cultivares de papa criolla (*Solanum tuberosum* Grupo Phureja) para la región Nudo de los Pastos-Nariño. Se evaluaron ocho genotipos de papa criolla, provenientes del programa de mejoramiento genético en papa de la Universidad Nacional de Colombia y dos testigos comerciales en ocho ambientes (localidades), en dos semestres consecutivos durante los años 2012 -2013, se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Se determinó la presencia de interacción genotipo ambiente (GxA), su magnitud para la variables rendimiento de tubérculo (t.ha-1), gravedad específica, materia seca, calidad de frito y contenido de azúcares reductores, mediante el modelo AMMI (Additive main effects and mutiplicative interactions), evaluando la adaptabilidad y estabilidad (A y E) fenotípica. El rendimiento de tubérculo varió desde 32.81 a 37,43 t.ha-1.

5.1.2 Antecedentes Internacionales

Cueva. K & Erreis. R, 2008. Manejo integrado, producción orgánica y revalorización local de cultivos andinos tradicionales. Informa que en el aspecto tecnológico, en promedio más de 30 especies entre tubérculos, raíces, cereales, legumbres, hortalizas, plantas frutales y

forestales se manejaron y permitieron diversificar la producción de los huertos familiares, con la ampliación de las prácticas agroecológicas como: asociación, rotación de cultivos, elaboración y aplicación de bioinsumos naturales como el humus, compost, purines, biol y macerados, así como el uso de diversas prácticas culturales, físicas, biológicas y mecánicas para el control de plagas mediante el MIC.

Oleas. E, 2015. La presente investigación propone: Comparar el efecto de la aplicación de tres niveles de nitrógeno usando tres fuentes orgánicas en el rendimiento del cultivo de papa (*Solanum phureja*) cv. Yema de huevo, en la parroquia de San Luis, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo; utilizando el diseño experimental, de Bloques Completos al Azar (BCA), en arreglo de parcelas divididas con nueve tratamientos y tres repeticiones. Concluye que el aporte de 300 kg N/Ha que corresponde al nivel alto se considera como el mejor Nivel de fertilización nitrogenada en los tres abonos usados Ferthigue, Humus de lombriz y Gallinaza, acompañados de Roca Fosfórica y Sulpomag para completar los requerimientos de 200 kg P₂O₅/ha y 150 kg K₂O/ha, y el mejor rendimiento se alcanzó con la aplicación del abono Ferthigue en Nivel Alto alcanzando un valor de 19008,77 kg/ha.

Suquilanda. M, 2013. Revisaron la producción orgánica de cultivos andinos. El manual en referencia, al abordar el tema de la producción orgánica de los cultivos andinos, pone énfasis en el rescate de éstos, como de muchas de las tecnologías de la cultura andina de cultivos que se generaron y desarrollaron en nuestros territorios y que a su vez son respetuosas con el entorno donde se aplican: manejo ecológico del suelo, manejo de la biodiversidad, manejo ecológico de plagas, uso de las fases lunares para la prácticas de las labores de cultivo, entre otras; para de esta manera garantizar la seguridad y la soberanía alimentaria, apoyando a la provisión de alimentos suficientes y de calidad.

5.2 Marco contextual

5.2.1 El Departamento Norte de Santander.

El Departamento Norte de Santander está ubicado al nororiente del país, en la zona de la frontera con la República Bolivariana de Venezuela; geográficamente se localiza entre los 06°56'42' y 09°18'01'' de latitud norte y los 72°01'13'' y 73°38'25'' de longitud oeste. Limita por el norte y el oriente con la República Bolivariana de Venezuela, por el sur con los departamentos Arauca y Boyacá, y por el occidente con los departamentos Santander y Cesar. Hace parte de la Región Andina, la más densamente poblada del país, junto con los departamentos Antioquia, Boyacá, Caldas, Cundinamarca, Huila, Santander, Quindío, Risaralda y Tolima. (NDS, 2013-2014). Su capital, Cúcuta, se caracteriza por ser epicentro comercial, debido a que está bastante próxima a Venezuela, razón por la cual el intercambio de bienes predomina en el municipio.

El departamento tiene una extensión de 22,130 km², que equivale al 1.91% del territorio nacional, se divide en 40 municipios y 108 corregimientos, distribuidas en seis subregiones que son: Norte; Tibú, Bucarasica, El Tarra y Sardinata; Oriental; Cúcuta, El Zulia, Los Patios, Puerto Santander, San Cayetano y Villa del Rosario; Occidental; Abrego, Càchira, Convención, El Carmen, Hacari, La Esperanza, La Playa, Ocaña, San Calixto y Teorema; Centro; Arboledas, Cucutilla, Gramalote, Lourdes, Salazar Santiago y Villacaro; Sur oriental; Bochálema, Chinácota, Durania, Herrán; Ragonvalia, Labateca y Toledo y Sur Occidental o provincia de Pamplona; Cécota, Chitaga, Mutiscua, Pamplona, Pamplonita y Silos, que representan el 2,4% de la superficie total del país y el 10,3% de la Región Andina. (MADR, 2006).

5.2.2 Municipio de Pamplona

El estudio se realizó en el Municipio de Pamplona en el departamento de Norte de Santander, en los pisos térmicos templado (1000 - 2000 msnm) y frío (2000 - 3000 msnm), en Pamplona 318 Km²; Norte: Con Pamplonita y Cucutilla; Sur con Cácuta y Mutiscua; Oriente con Labateca; Occidente con Cucutilla, y sus coordenadas son 72°39' de longitud oeste y 7°23' de latitud norte. (Castellanos & Atehórtua, 2010).

5.3 Marco teórico

5.3.1 Generalidades del cultivo de Papa criolla (S. phureja Juz. et Buk.)

La papa criolla se adapta a las condiciones agroecológicas que se encuentran en el rango de los 2.600 a 2.800 m.s.n.m, con suelos de textura franca, bien suelto y profundo que evite encharcamiento y el exceso de humedad en las raíces, pH entre 5.0-5.9 y con un alto contenido de materia orgánica (Rodríguez, 2009).

El periodo vegetativo del cultivo se encuentra entre 4 a 5 meses dependiendo de la zona geográfica donde se ubique. La planta es de 60 cm de altura, conformada por varios tallos delgados de color verde claro, ramificándose en la parte donde brotan las flores. Las flores son de color lila, blanco o rojo. El tubérculo es de tamaño pequeño de forma redondo u ovoide, ojos de profundidad media distribuidos por toda la superficie, el tubérculo es de color amarillo y, una planta puede llegar a producir 40 tubérculos bien distribuidos (Piñeros, 2009).

5.3.1.1 Clasificación taxonómica

Para el continente americano la sección papas comprende 21 series, en las que se reconocen 235 especies; cinco de estas series se encuentran en Colombia, Tuberosa, Bulbocastana, Piurana, Juglandifolia y Conicibaccata. Dentro de la serie Tuberosa, que incluye 104 especies en el continente americano, se reportan cuatro para Colombia: dos

incluyen toda la diversidad de papas cultivadas, *S. phureja* y *Solanum tuberosum*. andigena y dos especies silvestres *Solanum andreanum*, *Solanum estradae* (Santo, 2010).

Huamán (2008) propusieron una reclasificación de las especies cultivadas del género *Solanum*, presentando las poblaciones de cultivares locales de papa como una sola especie, *S. tuberosum*, con ocho grupos cultivares: Ajanhuiri, Andigenum, Chaucha, Chilotanum, Curtilobum, Juzepczukii, Phureja, y Stenotomum.

Este sistema de clasificación de la papa, se basa principalmente en el número de series y especies reconocidas. La clasificación taxonómica es la siguiente:

Reino Vegetal

División Angiospermae

Clase Dicotyledoneae

Subclase Metaclamideae

Orden Tubiflorae

Familia Solanaceae

Subfamilia Solanoideae

Tribu Solaneae

Género Solanum

Subgénero Papa

Sección Petota

Subsección Papa

Serie Tuberosa

Especie *S. phureja*

5.3.1.2 La papa criolla en Colombia

Durante los últimos años, la producción de papa criolla ha presentado un incremento permanente y se considera una especie cultivada promisoriosa, tanto en el mercado nacional como internacional. En la cadena agroindustrial viene aumentando su aceptación entre los productores, en virtud de sus ventajas agrícolas, por su ciclo de cultivo más corto y por su precio, mientras que en los consumidores tiene alto prestigio por sus cualidades sensoriales y versatilidad para su uso. La industria procesadora de papa ha mostrado especial interés en los productos procesados de criolla, entre los que se destacan las papas fritas, las precocidas congeladas y el puré (Mendoza, 2011).

En Colombia, el nombre de papa criolla corresponde a los morfotipos que presentan tubérculos con color de piel y carne amarilla. El grupo conformado por las papas criollas está compuesto por un conjunto de variedades nativas que crecen extensamente en los Andes, desde el occidente de Venezuela hasta el centro de Bolivia, con un centro importante de diversidad localizado en el departamento de Nariño. Se caracteriza por presentar adaptación a días cortos (Rodríguez, Rodríguez, & Cotes, 2013).

Colombia es el mayor productor comercial, mayor consumidor y exportador de papas diploides en el mundo; tiene ventaja competitiva por ser centro de diversidad de *S. phureja* y porque existe gran aceptación en los consumidores, debido a las características organolépticas y nutricionales del tubérculo (Rodríguez, Ñustez, & Estrada, 2009).

5.3.1.3 Escala fenológica BBCH

Tabla 1. *Escala fenológica BBCH para papa criolla S. phureja var. 'Criolla Colombia' evaluadas en la investigación*

Etapa	dds*	Etapa fenológica	Estadios según escala BBCH	Descripción de la etapa	Descripción del desarrollo del tubérculo
I.	1-35	Crecimiento vegetativo	Germinación-brotación, desarrollo de hojas, formación de brotes laterales y crecimiento longitudinal de brotes.	Desde la siembra del tubérculo-semilla hasta el inicio de floración, que coincide con el inicio de la tuberización.	Se inicia con la siembra del tubérculo-semilla. Luego comienza la emergencia y el desarrollo de las puntas de los estolones, hasta que se inicia el desarrollo de tubérculos.
II.	36-65	Floración	Aparición del órgano floral y floración.	Desde la aparición de los primeros botones florales hasta cuando la planta inicia el incremento acelerado en la producción de área foliar (cierre de calles).	Formación de tubérculos a partir de la punta del estolón; la iniciación del tubérculo es controlada por reguladores hormonales de crecimiento.
III.	66-90	Fructificación	Formación de fruto y maduración del fruto.	Se inicia con el incremento acelerado de número de hojas en la planta hasta cuando se termina la emisión de nuevas hojas y empieza la senescencia de la planta.	Engrosamiento y diferenciación de los tubérculos, con un incremento acelerado en su tamaño y peso.
IV.	91-120	Madurez y senescencia		Se detiene la emisión de hojas, la fotosíntesis decrece gradualmente y el folioaje eventualmente muere.	La tasa de crecimiento del tubérculo es lenta. El contenido de materia seca en los tubérculos alcanza el máximo valor, la piel del tubérculo se endurece aumentando su espesor.

dds = días después de siembra

Nota: recuperado de: Sánchez, Javier. 2005. Determinación de las etapas críticas en el desarrollo fenológico del cultivo de la papa *Solanum phureja*, frente al ataque de la polilla guatemalteca *Tecia solanivora* (Lepidóptera: Gelechiidae)

DDS: días después de la siembra

5.3.2 Producción de papa criolla en el Norte de Santander.

Los principales municipios productores de papa criolla en el Norte de Santander son Silos, Pamplona, Chitagá, Mutiscua, Cacota y Herrán, donde los mayores productores son Pamplona con 4.278 ton/año, Silos con 4.260 ton/año y Mutiscua con 2.750 ton/año. El área de siembra en el departamento es 679 has y se cosechan 637 has, con un rendimiento promedio por hectárea de 21,5 toneladas. La producción total de papa fresca es de 13.698 toneladas año y se obtiene de dos variedades que siembran los agricultores, la variedad criolla Colombia y Yema de Huevo (Anuario-Estadístico, 2014).

5.3.3 Variedades de papa criolla en Colombia.

5.3.3.1 Criolla Colombia.

Presenta porte de planta medio, con follaje verde ligeramente claro, floración abundante y rara formación de frutos. Presenta adaptación a regiones comprendidas entre 2.400 y 3.200 m.s.n.m., presenta producción de tubérculo con distribución de tamaños (diámetros entre 1 y 8 cm). Esta variedad es precoz (120 días a 2.400 m.s.n.m.), su potencial de rendimiento en condiciones óptimas de cultivo es de 15 a 25 ton/ha-1, no tiene periodo de reposo. Es la principal variedad de papa criolla cultivada en Colombia y hasta la presente es la variedad que se ha procesado para exportación como precocidas congelada. No tiene aptitud para frito (Rodríguez, Ñustez, & Estrada, 2009).

5.3.3.2 Criolla Galeras.

Presenta porte de planta medio, con follaje verde ligeramente claro y floración intermedia. Presenta adaptabilidad entre los 2.500 y 3.000 m.s.n.m., con producción de tubérculo distribuida en diferentes tamaños (diámetros entre 2 y 8 cm), predominando los tubérculos gruesos (> 4 cm). Esta variedad es precoz (127 días a 2.600 m.s.n.m.), su potencial de rendimiento en condiciones óptimas de cultivo es de 30 ton/ha, tiene periodo de reposo de 20 días. Se cultiva principalmente en el departamento de Nariño. La variedad tiene aptitud para procesamiento como precocidas congelada (Ñustez, 2011).

5.3.3.3 Criolla Guaneña.

Se adapta bien a alturas entre 2.500 y 3.000 m.s.n.m., presenta porte de planta medio, con follaje verde ligeramente oscuro y floración abundante de color violeta intenso. La producción de tubérculo presenta amplia distribución de tamaños (diámetros entre 2 y 8 cm), predominando los tubérculos gruesos (> 4 cm). Su color de piel es ligeramente más claro que

el amarillo de la variedad Criolla Colombia. Tiene periodo de reposo de 20 días. Esta variedad es precoz (135 días a 2.600 m.s.n.m.), su potencial de rendimiento en condiciones óptimas de cultivo es de 32 ton/ha (Ñustez, 2011).

5.3.3.4 Criolla Paisa

Presenta porte de planta medio, con follaje verde ligeramente claro y floración abundante. La producción de tubérculo presenta distribución de 29 tamaños (diámetros entre 2 y 8 cm), predominando los tubérculos de mayor tamaño. Esta variedad es precoz (125 días a 2.600 m.s.n.m.), su potencial de rendimiento en condiciones óptimas de cultivo es de 20 ton/ha, tiene 15 días de periodo de reposo. Ha demostrado tener una adaptación específica a la región productora de papa criolla en Antioquia (alturas menores a 2.500 m.s.n.m.) (Rodríguez, Ñustez, & Estrada, 2009).

5.3.4 Componentes de rendimiento

5.3.4.1 Número de tallo por planta.

Los tallos se originan del tubérculo semilla, pueden ser erectos o decumbentes de forma angular, succulenta con ramificaciones y miden aproximadamente 0,5 a 1,0 m de altura. El número de tallos por planta está influenciado por el tamaño del tubérculo de semilla; entre la semilla más gruesa se obtienen mayor número de tallos. La densidad de tallos afecta el rendimiento porque este es determinado por el número y tamaño de los tubérculos. Cuando hay menor densidad de tallo hay menor competencia por tallos, por lo general se obtienen un número grande de tubérculo por tallos (Bouzo, 2008).

5.3.4.2 Número y peso de tubérculos.

La importancia de esta variable en el cultivo de papa, es la que permite determinar el rendimiento total del cultivo. El número de tubérculo está influenciado por los factores de densidad de siembra y número de tubérculos producidos por tallo. La densidad de siembra depende del número de brotes sembrados, condiciones del suelo, y el método de siembra que se utiliza y el número de tubérculos producidos por tallo depende de la densidad de plantas, la variedad, suelo y condiciones del suelo y la disponibilidad de agua (Piñeros, 2009).

5.3.4.3 Número de hojas.

Está determinado por el número de tallos y la altura en la planta. Si la planta tiene un excesivo número de hojas se presenta un desarrollo tardío de los tubérculos y tiene que hacer mayor distribución de asimilados en la planta, afectando los órganos de consumo como son los tubérculos (Mompies & Roberqui, 2012).

5.3.4.4 Índice de área foliar

Representa la proyección sobre el plano del suelo del área foliar; el área del conjunto de las hojas por unidad de suelo, considerándose la superficie de una cara en el caso de hojas planifolias. El IAF representa la principal superficie de intercambio entre la copa y la atmósfera, siendo su valor la propiedad estructural de la copa que determina la interceptación de la radiación. (Piñeros, 2009).

5.3.5 Grados día calor

Los Grados día son un parámetro importante a considerar para la definición de las estrategias de diseño o los requerimientos de climatización (natural o artificial) y, por lo tanto, la demanda de energía de una edificación. Los Grados día se pueden definir como los

requerimientos de calentamiento o enfriamiento (en grados Celsius o Kelvin), necesarios para alcanzar la zona de confort. (Flores & Ojeda, 2014).

5.3.6 Aplicaciones orgánicas

5.3.6.1. Tierra Diatomea

La tierra de diatomea (TD) es un depósito geológico de microesqueletos fosilizados de numerosas especies de silíceos marinos y de organismos unicelulares de agua fresca (fitoplancton), particularmente diatomeas y otras algas. De este sedimento se extraen rocas que se muelen hasta la obtención de un polvo fino de color blanco-grisáceo. La tierra de diatomea es un producto natural, que no implica riesgo para personas y animales que estén en contacto con el producto, no transmite mal olor, y es el único insecticida apto para producciones orgánicas. La acción insecticida es estrictamente físico-mecánica, por lo que a diferencia de los biocidas químicos convencionales no generaría resistencia en los insectos y mantendría su actividad por tiempo muy prolongado. Los bordes afilados de las partículas de la tierra de diatomea se adosan fácilmente al cuerpo de los insectos, provocando perforaciones y abrasiones en el exoesqueleto de quitina y destruyendo la estructura cerosa, absorbiendo sus líquidos corporales y secándolos por completo, por el cual el insecto muere por desecación. (Baglione, 2011).

5.3.6.2 Micorrizas

Las micorrizas son una asociación simbiótica mutualista entre raíces de plantas superiores y ciertos grupos de hongos del suelo. Estos hongos dependen de la planta para el suministro de carbono, energía y de un nicho ecológico, a la vez que entregan nutrimentos minerales; además les imparten otros beneficios como: estimulación de sustancias reguladoras

de crecimiento, incremento de la tasa fotosintética, aumento de la fijación de N por bacterias simbióticas o asociativas, entre otros. (Gómez & Villegas, 2013).

5.3.6.3 *Beauveria bassiana*

Es un hongo entomopatógeno, enemigo natural de muchas plagas entre ellas las que pertenecen a los órdenes Coleóptera, Lepidóptera, Díptera, y muchos otros órdenes y familias de insectos. El hongo inicia su ataque cuando las conidias entran en contacto sobre el insecto, una vez que las conidias germinen, esta produce enzimas que disuelven la cutícula, haciendo un pequeño agujero a través del cual el hongo comienza a crecer en el cuerpo produciendo unas toxinas que mata el insecto y se reproduce en su cuerpo formando millones de conidias que están en capacidad de infectar otros individuos. (Corporación colombiana para investigación agropecuaria, 2014).

5.3.6.4 *Bacillus pumilus* Cepa: QST 2808

Biofungicida bactericida preventivo-curativo presentado en forma de suspensión acuosa. Impide la germinación de esporas por la formación de una barrera física y, posteriormente, las coloniza; actúa interrumpiendo el metabolismo celular destruyendo las paredes celulares de los patógenos en diferentes sitios y causando la destrucción total de los mismos. (Layton & Maldonado, 2011)

5.3.6.5 *Trichoderma* sp

Controlador biológico y antagonista natural de fitopatógenos, muestra una amplia gama de hospedantes y dentro de ellos están los hongos fitopatógenos de importancia, tales como: *Fusarium oxysporum* f. sp. *ubense* (E.F. Smith) Snyder y Hans, *Fusarium roseum*, *Botrytis cinerea* Pers, *Rhizoctonia solani* Kühn, *Sclerotium*

rolfsii Sacc. *Sclerotinia* spp., *Pythium* spp. *Phytophthora* spp., *Alternaria* spp., entre otros.

En la acción biocontroladores de *Trichoderma* sp., se han descrito diferentes mecanismos de acción que regulan el desarrollo de los hongos fitopatógenos. Entre estos, los principales son la competencia por espacio y nutrientes, el mico parasitismo y la antibiosis, los que tienen una acción directa frente al hongo fitopatógenos. Estos mecanismos se ven favorecidos por la habilidad de los aislamientos de *Trichoderma* sp., para colonizar la rizosfera de las plantas. (Infante & Martínez, 2009).

5.3.6.6 Trampas con feromona para polilla *Tecia solanivora*

El uso de trampas con feromona sexual, que además de servir para detección y monitoreo de la plaga, también se usan para controlar directamente el insecto macho mediante su atracción, captura y muerte. La trampa consiste en un recipiente con dos huecos a los costados. En la parte de abajo se adiciona agua jabonosa y en la de arriba se coloca un dedal de caucho impregnado con feromona, para atraer y capturar los machos de la polilla, los cuales mueren ahogados en el agua. El agua jabonosa debe reemplazarse cada ocho días haciendo al mismo tiempo los conteos de las polillas capturadas. (Instituto Colombiano Agropecuario, 2011).

5.3.6.7 extracto de Ajo y Ají

Los extractos de ajo-ají han sido utilizados exitosamente para el control de insectos-plaga como minadores, chupadores, barrenadores y masticadores. Estas plantas poseen componentes de acción repelente y actúan por ingestión, causando trastornos digestivos. El rango de su efecto protector va desde repelencia, disuasión de la alimentación y oviposición, hasta toxicidad aguda e interferencia con el crecimiento y desarrollo de los insectos plaga. (Salazar & Betancourth, 2009).

6 Metodología

6.1 Diseño metodológico

6.1.1 Ubicación.

La parcela que se trabajó se encuentra ubicada en la finca La Paz, vereda Monte Adentro en Pamplona Norte de Santander. En la figura se muestra su ubicación geográfica.

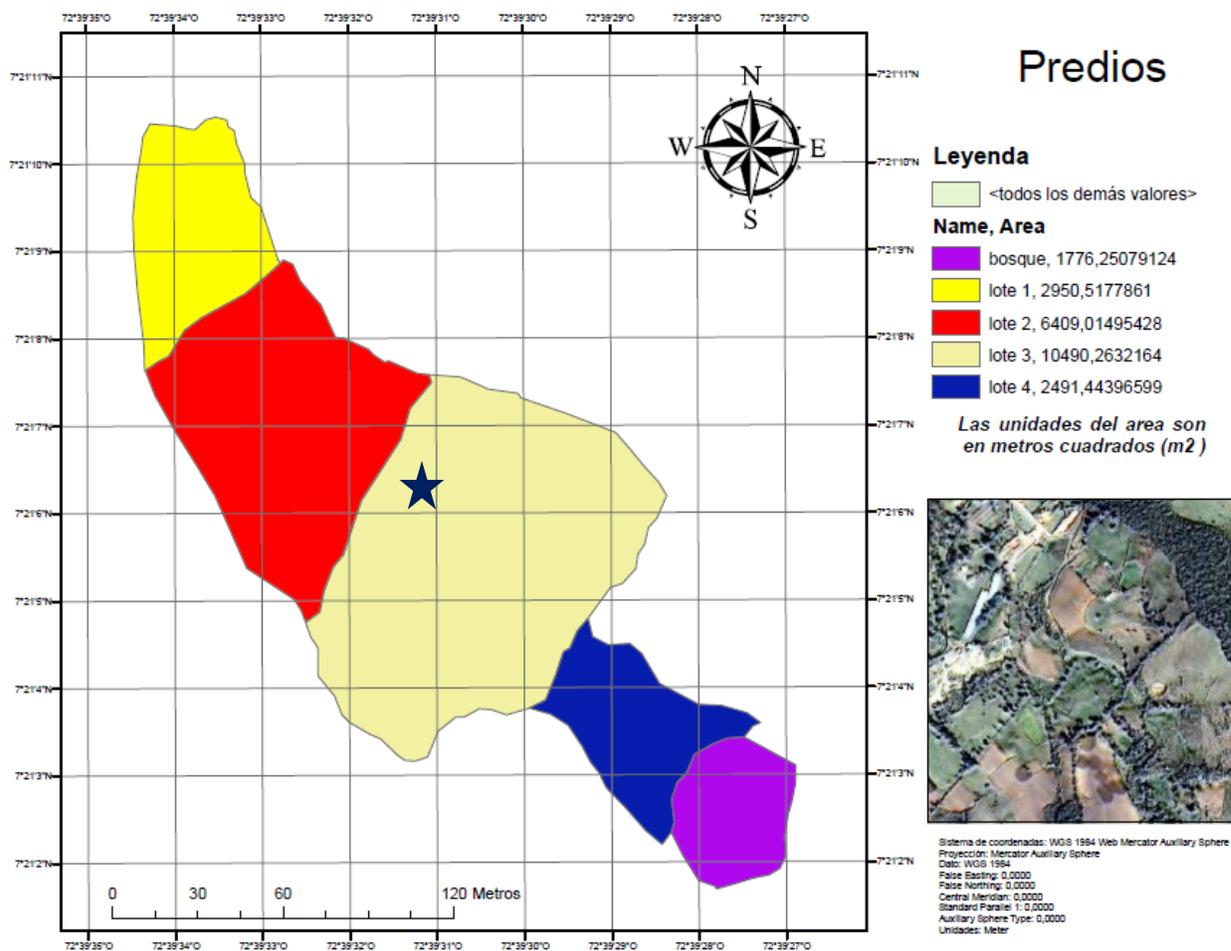


Figura 1. Ubicación de la parcela a trabajar en la finca La Paz, de la vereda Monte Adentro, Pamplona Norte de Santander

6.1.2 Diseño Experimental

Diseño de bloques completos al azar con 3 repeticiones, los bloques se dispondrán bloqueando la pendiente con 3 tratamientos.

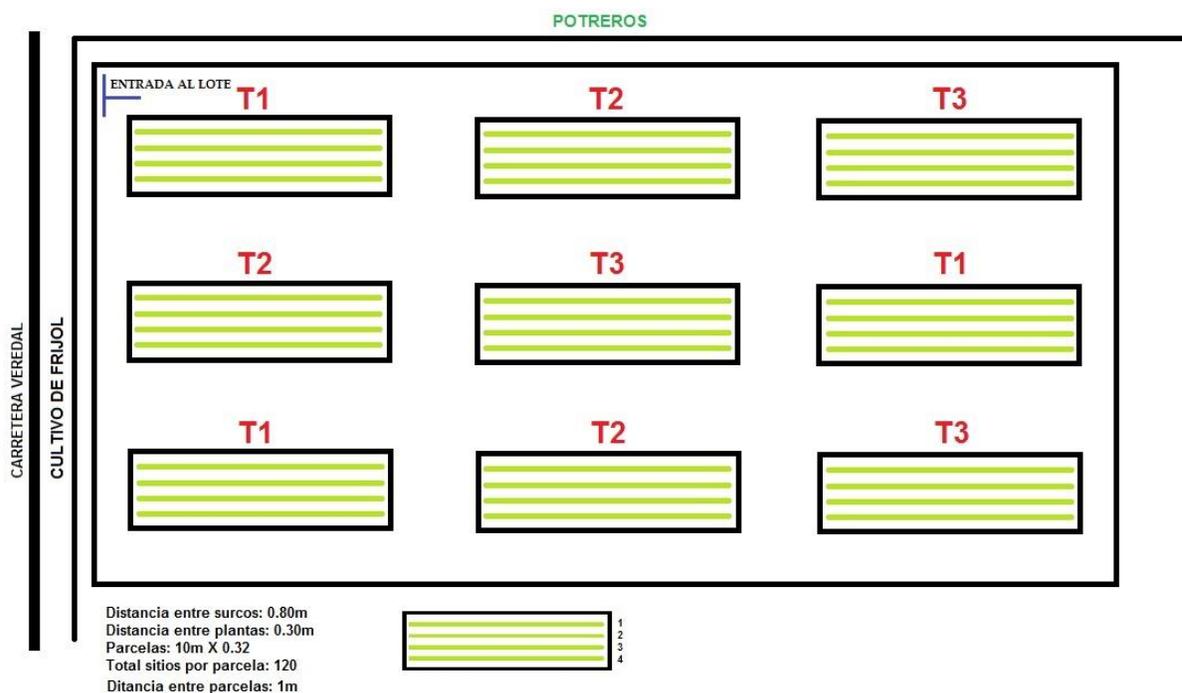


Figura 2. Diseño de bloques completos al azar con 3 repeticiones.

6.1.4 Descripción de los tratamientos

Tabla 2. Descripción de los tratamientos

TRATAMIENTOS	DESCRIPCION
Tratamiento 1	Dosis recomendada del producto 1:1
Tratamiento 2	Dosis por debajo de lo recomendado
Tratamiento 3	Dosis por encima de lo recomendado

6.1.4 Paquete tecnológico

Tabla 3. Descripción del paquete tecnológico para el cultivo de papa criolla orgánica

Actividad	Producto Aplicado	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
Protección de la semilla de papa	Tierra diatomea 1 kg por carga	----	----	----
Siembra	Abono orgánico de inicio, micorrizas y tierra diatomea. Beauveria bassiana 0.5 gr, aborca 250 ml,	6 kg por cada repetición	3 kg por cada repetición	9 kg por cada repetición
Aplicación insecticida biológico	diatomea por bomba de 20 Lts	----	----	----
Instalación de trampas	2 Trampas con feromona para polilla Tecia solanivora (ICA)			
Instalación de trampas para babosa	Cerveza y Melaza			
Aporque	Abono orgánico de producción Bacillus pumilus QST	6 kg por cada repetición	3 kg por cada repetición	9 kg por cada repetición
Fungicida (Phytophthora infestans)	2808 1 x 109 ufc/g 100 ml por bomba de 20 Lts			
Aplicación insecticida	Registro ICA Ajo y ají 50 ml en			

orgánico	bomba de 20 Lts Trichoderma sp. 1x 10 ⁸
Fungicida (Phytophthora infestans)	esporas por gramo, 20gr por bomba de 20 lts Registro ICA N° 4658

6.1.5 variables

Las variables respuestas del rendimiento agronómico son: rendimiento agronómico el cual se midió en kilogramos (Kg); número de los tallos, área foliar, número de hojas fotosintéticamente activas, diámetro de la copa, índice de área foliar, peso de los tubérculos por plata y número de tubérculos por planta. De igual manera las variables de respuesta ambiental fueron las temperaturas máximas y mínimas para calcular los grados día calor y la constante térmica que corresponde a la acumulación por estado fenológico el cual se calculó teniendo en cuenta la temperatura base de la papa criolla.

6.1.6 Análisis estadísticos.

Se estimó el comportamiento y diferencia de los tratamientos, utilizando el análisis de ANOVA univariante, la comparación de las medias usando el método de los contrastes, prueba de Duncan y la correlación de Person. Se realizaron los muestreos cada 8 días, al igual que se determinó la escala fenológica, número de los tallos, área foliar, número de hojas fotosintéticamente activas, diámetro de la copa, índice de área foliar, peso de los tubérculos por planta y número de tubérculos por planta y se estimaron los modelos de regresión con sus respectivo ANOVA y la significancia de los parámetros. Para la determinación de los grados

días calor se tomaron los datos diariamente de las temperaturas mínimas (7 am) y máxima (1pm) teniendo en cuenta el rango de temperatura base entre 10 °C a 15 °C (FAO, 2013)

Para la realización de este análisis estadístico se escogieron los mejores modelos de regresión utilizando el paquete estadístico SPSS 21 teniendo en cuenta que el R^2 sea al menos de 50 % y el mejor R^2 ajustado. La significancia de modelos y de los parámetros de la regresión a un nivel de probabilidad de 0,05 o 0,01.

6.1.7 Día de campo

Se socializó el cultivo orgánico de papa criolla *S. phureja* con los estudiantes de agricultura biológica del programa de Ingeniería Agronómica el día 13 de Abril de 2016. La segunda socialización se realizó con un día de campo en compañía de los productores de la zona, los profesores del programa y estudiantes de Ingeniería Agronómica el día 07 de Junio de 2016, un día antes de la cosecha.

Capítulo 4

7. Resultados y Discusión

De este proyecto de investigación realizado se obtuvo como producto final la determinación del estado fenológico del cultivo de papa criolla *S. phureja* a una altura de 2420 m.s.n.m en la finca La Paz, la cual fue la zona de estudio, comparación de las variables determinantes en función a los componentes de rendimiento con la tabla de Anovas, además de la correlación de Pearson entre dichas variables, las pruebas de contrastes y los descriptivos en cuanto a peso y número de tubérculos de plantas y la acumulación de los grados días calor por estado fenológico.

7.1 Escala fenológica del cultivo de Papa criolla *S. phureja* para la zona de estudio

Tabla 4. Determinación de la etapa fenológica en finca La Paz para el cultivo de papa criolla *S. phureja*

Etapa	DDS	Tratamiento	Etapa Fenológica	Estadio según escala BBCH	Descripción de la etapa
I.	1 - 47 1 - 49	T3 T1 – T2	Crecimiento vegetativo	Germinación-brotación, desarrollo de hojas, formación de brotes laterales y crecimiento Longitudinal de brotes.	Desde la siembra del tubérculo-semilla hasta el inició de floración, que coincide con el inicio De la tuberización.
II.	48-75	T1-T2-T3	Floración	Aparición del órgano floral y floración.	Desde la aparición de los primeros botones florales hasta cuando la

					planta inicia el incremento acelerado en la producción de área foliar
III.	76-83	T1-T2-T3	Fructificación	Formación de fruto y maduración del fruto.	Se inicia con el incremento acelerado de número de hojas en la planta hasta cuando se termina la emisión de nuevas hojas y empieza la senescencia de la planta.
IV	84-104	T1-T2-T3	Madurez y senescencia		Se detiene la emisión de hojas, la fotosíntesis decrece gradualmente y el follaje Eventualmente muere.

En la tabla 4 se presenta la escala fenológica determinada para La finca La Paz, donde el tratamiento T3 tuvo una etapa vegetativa 47 DDS, mientras que los tratamientos T2 y T3 tuvieron una etapa vegetativa de 49 DDS, debido a la fertilización utilizada para cada tratamiento, el T3 tuvo una fertilización por encima de lo recomendado dando un total del 75%, mientras que el T1 es el 50% recomendado y el T2 un 25%. Teniendo en cuenta la escala internacional BBCH el periodo vegetativo para el T3 duro 11 días de más, mientras el T2 y el

T3 13 días de más, esta variación de días se puede dar debido a que no se utilizó fertilización enriquecida con elementos mayores, la variación en cuanto a la temperatura y las lluvias.

La fase de floración tuvo una duración de 28 días, dos días por debajo a la escala referenciada por la BBCH, debido a los cambios climáticos que se presentaron en los primeros días del mes de mayo, en donde hubo caída de más del 50% de la floración.

La etapa III solo tuvo un periodo de 8 días en fructificación, ya que los cambio en el clima como la radiación solar, la humedad y las altas temperaturas adelantó el proceso de madurez y senescencia debido a la incidencia de *Phytophthora infestans*. La gota es una enfermedad que responde al incremento de las lluvias, aumentando su severidad en el campo, tal es el caso del ataque al cultivo de papa criolla (*S. phureja*) orgánica del experimento. Transcurridos 102 DDS, se determinó la madurez cosechando 3 plantas al azar en los bloques, el cual la piel ya presentaba maduración al no ser pelada con el dedo pulgar. La papa criolla *S. phureja* var Colombia utilizada en el ensayo, tiene una madurez precoz sembrada a 2400 m.s.n.m, en este caso tuvo una madurez a los 104 DDS en comparación a la escala internacional BBCH para papa criolla.

7.2 Prueba de Duncan con su respectivo Anova para los caracteres morfofisiológicos

Tabla 5. Análisis de varianza (ANOVA) medidas repetitivas: Variable dependiente transformada logaritmo en base 10 para número de tallos y prueba de Duncan.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	76	4.36009373	0.05736965	2.56	<.0001
Error	112	2.50719006	0.02238563		
Corrected Total	188	6.86728379			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Inotll Mean
0.634908	7.949913	0.149618	1.882011

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
dds	6	0.75046431	0.12507738	5.59	<.0001
trat	2	2.46996324	1.23498162	55.17	<.0001
rep	2	0.21330122	0.10665061	4.76	0.0103
dds*trat	12	0.06688237	0.00557353	0.25	0.9950
dds*rep	12	0.02934882	0.00244573	0.11	0.9999
dds*trat*rep	28	0.28806815	0.01028815	0.46	0.9901
plan(dds)	14	0.54206562	0.03871897	1.73	0.0592
Number of Means		2	3		
Critical Range		.05282	.05559		

Duncan Grouping	Mean	N	trat
A	2.00584	63	3
B	1.91011	63	2
C	1.73008	63	1

Variable dependiente: logaritmo en base 10 para número de tallos (Inotll), (R-Square): R-cuadrado, (Coeff Var): Coeficiente de variación, (Type III): tipo 3, (dds): días después de la siembra, (trat): tratamiento, Duncan: prueba de comparación múltiple de medias.

En la Tabla 5 se observa que la variable dependiente (Inotll), el modelo tiene una probabilidad de significancia menor a $P < 0.01$; Para seleccionar el modelo se tiene en cuenta que (**R-Square**) del modelo sea mayor a > 0.5 y el (**Coeff Var**) se < 30 , dando como resultado este modelo con el (**R-Square**) más alto 0.634908 y (**Coeff Var**) más bajo 7.949913; De igual modo se puede observar que el (**Type III**) hay diferencia a un $P < 0.01$ entre los (**dds**) y tratamiento (trat), esto define que el número de tallos aumenta en el tiempo. La prueba de **Duncan** hay diferencia para la variable (Inotll,) por que la significancia son menores $P < 0.05$, siendo el T3 la media con más alta significancia.

Tabla 6. *Análisis de varianza (ANOVA) medidas repetitivas: Variable dependiente transformada logaritmo en base 10 para número de hojas foto sintéticamente activas y prueba de Duncan*

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	76	17.18310212	0.22609345	6.10	<.0001
Error	112	4.15068151	0.03705966		
Corrected Total	188	21.33378363			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Inoh Mean
0.805441	8.658505	0.192509	2.223350

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Dds	6	14.63862249	2.43977041	65.83	<.0001
Trat	2	0.06917476	0.03458738	0.93	0.3963
Rep	2	0.11855552	0.05927776	1.60	0.2066
dds*trat	12	0.51660007	0.04305001	1.16	0.3194
dds*rep	12	0.63023743	0.05251979	1.42	0.1684
dds*trat*rep	28	0.63856680	0.02280596	0.62	0.9304
plan(dde)	14	0.57134506	0.04081036	1.10	0.3646

Number of Means **2** **3**
Critical Range **.06796** **.07153**

Duncan Grouping	Mean	N	trat
A	2.24687	63	3
A	2.22318	63	1
A	2.20000	63	2

Variable dependiente: logaritmo en base 10 para número de hojas fotosintéticamente activas (Inoh), (R-Square): R-cuadrado, (Coeff Var): Coeficiente de variación, (Type III): tipo 3, (dds): días después de la siembra, (trat): tratamiento, Duncan: prueba de comparación múltiple de medias.

Se observó que la variable dependiente (Inoh), el modelo tiene una probabilidad de significancia menor a $P < 0.0$; Para seleccionar el modelo se tiene en cuenta que el R-cuadrado (R-Square) del modelo sea mayor a > 0.5 y el Coeficiente de variación (Coeff Var) se < 30 , dando como resultado este modelo con el (R-Square) más alto 0.805441 y (Coeff Var) más

bajo 8.658505; De igual modo se puede observar que el tipo 3 (Type III) hay diferencia a un $P < 0.01$ entre los días después de la siembra (dds). La prueba de Duncan no hay diferencia para la variable (lnoh,) por que la significancia son mayores $P < 0.05$.

Tabla 7. *Análisis de varianza (ANOVA) medidas repetitivas: Variable dependiente transformada logaritmo en base 10 para área foliar y prueba de Duncan*

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	76	195.7555857	2.5757314	33.99	<.0001
Error	112	8.4866692	0.0757738		
Corrected Total	188	204.2422549			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	laf Mean
0.958448	4.117759	0.275270	6.684959

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
dds	6	186.6617911	31.1102985	410.57	<.0001
trat	2	1.4261954	0.7130977	9.41	0.0002
rep	2	0.7058047	0.3529023	4.66	0.0114
dde*trat	12	0.9281989	0.0773499	1.02	0.4350
dde*rep	12	1.7701188	0.1475099	1.95	0.0360
dde*trat*re	28	2.9736565	0.1062020	1.40	0.1109
p					
plan(dde)	14	1.2898203	0.0921300	1.22	0.2739

Number of Means 2 3
Critical Range .0972 .1023

Duncan Grouping	Mean	N	trat
A	6.80704	63	3
B	6.63583	63	1
B			
B	6.61201	63	2

Variable dependiente: logaritmo en base 10 para área foliar (laf), (R-Square): R-cuadrado, (Coeff Var): Coeficiente de variación, (Type III): tipo 3, (dds): días después de la siembra, (trat): tratamiento, Duncan: prueba de comparación múltiple de medias.

En la tabla 7, se observó que la variable dependiente (laf), el modelo tiene una probabilidad de significancia menor a $P < 0.01$; Para seleccionar el modelo se tiene en cuenta que el R-cuadrado (R-Square) del modelo sea mayor a > 0.5 y el Coeficiente de variación (Coeff Var) se < 30 , dando como resultado este modelo con el (R-Square) más alto 0.958448 y (Coeff Var) más bajo 4.117759; De igual modo se puede observar que el tipo 3 (Type III) hay diferencia a un $P < 0.01$ entre los días después de la siembra (dds) y (trat) con respecto al área foliar. La prueba de Duncan no hay diferencia para la variable (laf) por que la significancia son mayores $P < 0.05$, siendo el (trat) 3 el de mayor área foliar.

Tabla 8. *Análisis de varianza (ANOVA) medidas repetitivas: Variable dependiente transformada logaritmo en base 10 del diámetro de copa más pequeña y prueba de Duncan*

Source	DF	Sum of		F Value	Pr > F
		Squares	Mean Square		
Model	76	28.64136555	0.37686007	25.34	<.0001
Error		112	1.66595062	0.01487456	
Corrected Total		188	30.30731618		
<hr/>					
		R-Square	Coeff Var	Root MSE	lx Mean
		0.945031	3.295458	0.121961	3.700891

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
dds	6	27.15283309	4.52547218	304.24	<.0001
trat	2	0.30665515	0.15332757	10.31	<.0001
rep	2	0.24016715	0.12008358	8.07	0.0005
dds*trat	12	0.08134067	0.00677839	0.46	0.9360
dds*rep	12	0.25119254	0.02093271	1.41	0.1729
dds*trat*rep	28	0.38293173	0.01367613	0.92	0.5861
plan(dds)	14	0.22624522	0.01616037	1.09	0.3775

Number of Means	2	3
Critical Range	.04306	.04531

Duncan Grouping	Mean	N	trat
A	3.74292	63	3

A

A	3.71318	63	1
B	3.64657	63	2

Variable dependiente: logaritmo en base 10 *del diámetro de copa más pequeña* (lx), (R-Square): R-cuadrado, (Coeff Var): Coeficiente de variación, (Type III): tipo 3, (dds): días después de la siembra, (trat): tratamiento, (x): diámetro de copa más pequeña, Duncan: prueba de comparación múltiple de medias.

En la tabla 8 se observó que la variable dependiente (lx), el modelo tiene una probabilidad de significancia menor a $P < 0.01$; Para seleccionar el modelo se tiene en cuenta que el R-cuadrado (R-Square) del modelo sea mayor a > 0.5 y el Coeficiente de variación (Coeff Var) se < 30 , dando como resultado este modelo con el (R-Square) más alto 0.945031 y (Coeff Var) más bajo 3.295458; De igual modo se puede observar que el tipo 3 (Type III) hay diferencia a un $P < 0.01$ entre los días después de la siembra (dds) y (trat) con respecto a crecimiento del diámetro más pequeño de la copa. La prueba de Duncan no hay diferencia para la variable (lx) por que la significancia son mayores $P < 0.05$, siendo el (trat) 3 el de mayor (x).

Tabla 9. *Análisis de varianza (ANOVA) medidas repetitivas: Variable dependiente transformada logaritmo en base 10 del diámetro de copa más grande y prueba de Duncan*

Sum of Source	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	76	35.41255373	0.46595465	25.90	<.0001
Error	112	2.01463938	0.01798785		
Corrected Total	188	37.42719312			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	ly Mean
0.946172	3.425951	0.134119	3.914790

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Dde	6	34.02130377	5.67021729	315.22	<.0001
Trat	2	0.15161159	0.07580580	4.21	0.0172
Rep	2	0.28340210	0.14170105	7.88	0.0006
dde*trat	12	0.14020313	0.01168359	0.65	0.7955
dde*rep	12	0.16858946	0.01404912	0.78	0.6688
dde*trat*rep	28	0.47418504	0.01693518	0.94	0.5556

plan(dde)	14	0.17325864	0.01237562	0.69	0.7819
-----------	----	------------	------------	------	--------

Number of Means	2	3
Critical Range	.04735	.04983

Duncan Grouping	Mean	N	trat
A	3.94629	63	1
A			
B A	3.92046	63	3
B			
B	3.87762	63	2

Variable dependiente: logaritmo en base 10 *del diámetro de copa más grande* (ly), (R-Square): R-cuadrado, (Coeff Var): Coeficiente de variación, (Type III): tipo 3, (dds): días después de la siembra, (trat): tratamiento, (x): diámetro de copa más pequeña, Duncan: prueba de comparación múltiple de medias.

En la tabla 9 se observó que la variable dependiente (ly), el modelo tiene una probabilidad de significancia menor a $P < 0.01$; Para seleccionar el modelo se tiene en cuenta que el R-cuadrado (R-Square) del modelo sea mayor a > 0.5 y el Coeficiente de variación (Coeff Var) se < 30 , dando como resultado este modelo con el (R-Square) más alto 0.946172 y (Coeff Var) más bajo 3.425951; De igual modo se puede observar que el tipo 3 (Type III) hay diferencia a un $P < 0.01$ entre los días después de la siembra (dds) con respecto a crecimiento del diámetro más grande de la copa. La prueba de Duncan no hay diferencia para la variable (lx) por que la significancia son mayores $P < 0.05$, siendo el (trat) 1 el de mayor (y).

Tabla 10. *Análisis de varianza (ANOVA) medidas repetitivas: Variable dependiente transformada R cuadrado de índice de área foliar y prueba de Duncan*

Source	DF	Sum of		F Value	Pr > F
		Squares	Mean Square		
Model	76	9.96863750	0.13116628	21.98	<.0001
Error		112	0.66848469	0.00596861	
Corrected Total		188	10.63712219		
		R-Square	Coeff Var	Root MSE	Riaf Mean
		0.937155	12.05166	0.077257	0.641047

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Dds	6	8.95929719	1.49321620	250.18	<.0001
Trat	2	0.16836118	0.08418059	14.10	<.0001
Rep	2	0.04833656	0.02416828	4.05	0.0200
dds*trat	12	0.13714562	0.01142880	1.91	0.0397
dds*rep	12	0.20273427	0.01689452	2.83	0.0020
dds*trat*rep	28	0.30749734	0.01098205	1.84	0.0135
plan(dde)	14	0.14526535	0.01037610	1.74	0.0575

	Number of Means	2	3
	Critical Range	.02727	.02870
Duncan Grouping	Mean	N	trat
A	0.68311	63	3
B	0.62310	63	1
B	0.61694	63	2

Variable dependiente: R cuadrado de índice de área foliar (Riaf), (R-Square): R-cuadrado, (Coeff Var): Coeficiente de variación, (Type III): tipo 3, (dds): días después de la siembra, (trat): tratamiento, (iaf): diámetro de copa más pequeña, Duncan: prueba de comparación múltiple de medias.

En la tabla 10 se observó que la variable dependiente (Riaf), el modelo tiene una probabilidad de significancia menor a $P < 0.01$; Para seleccionar el modelo se tiene en cuenta que el R-cuadrado (R-Square) del modelo sea mayor a > 0.5 y el Coeficiente de variación (Coeff Var) se < 30 , dando como resultado este modelo con el (R-Square) más alto 0.937155 y (Coeff Var) más bajo 12.05166; De igual modo se puede observar que el tipo 3 (Type III) hay diferencia a un $P < 0.01$ entre los (dds) y (trat) con respecto a crecimiento del índice de área foliar. La prueba de Duncan hay diferencia para la variable (Riaf) por que la significancia son mayores $P < 0.05$, siendo el (trat) 3 el de mayor índice de área foliar así como para área foliar observado en la tabla 10.

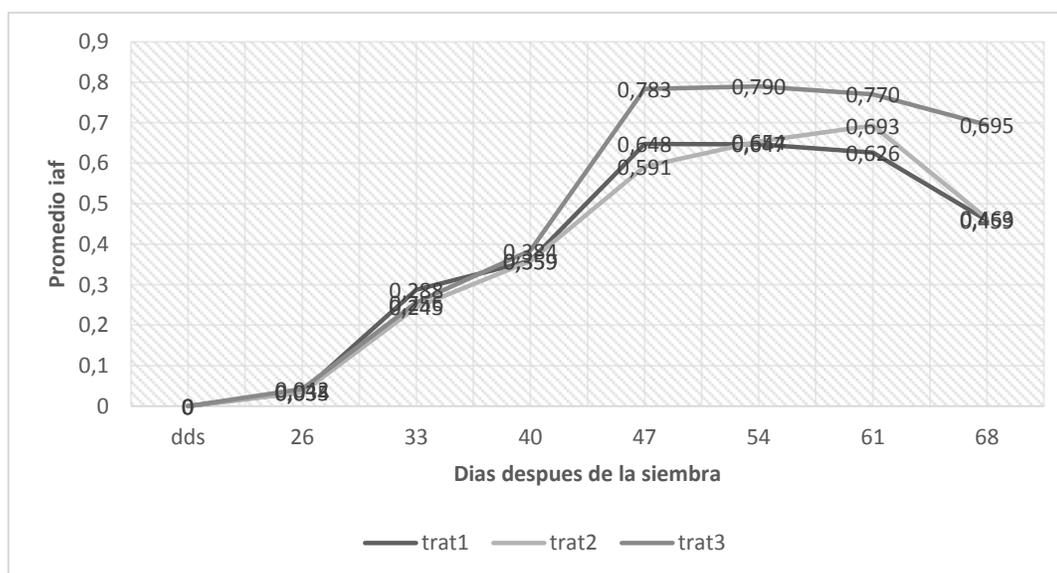


Figura 3. Índice de área foliar para los tres tratamientos.

La figura 3 indica que el índice de área foliar (iaf) es la proporción de hojas con respecto al área del suelo, siendo este un indicador útil de la capacidad fotosintética; El (iaf) presento los mayores valores para el (trat)3 con respecto a los días después de la siembra (dds).

7.3 Correlación de Pearson para los caracteres morfofisiológicos

En la tabla 12, de correlación de las variables asociadas al rendimiento, se pudo determinar que algunas de estas se encuentran directamente relacionadas con las demás, es decir que existe un nivel de correlación, bajo la tabla de correlación de Pearson es posible determinar qué tan fuerte es dicha relación.

Tabla 11. Coeficiente de correlación de Pearson entre las variables para estimar modelos en las plantas de papa criolla *S. phureja* en la provincia de Pamplona, Colombia.

	HFN	NT	AF	X	Y	IAF
HFN	---	0,96	0,448**	0,448**	0,365**	0,448**
NT		---	0,272**	0,064	0,184*	0,272**
AF			---	0,790**	0,791**	1,000**
X				---	0,864**	0,790**

Y	---	0,791**
IAF		---

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

HFN: número de hojas fotosintéticamente activas, NT: número de tallos, AF: área foliar, X: diámetro de copa pequeña, Y: diámetro copa grande, IAF: índice de área foliar.

En la tabla 11 se muestra el nivel de correlación entre las variables de crecimiento, en esta se observa la relación directa entre algunas variables, así como la correlación baja entre otras. En cuanto a la correlación del variable número de hojas fotosintéticamente activas con las asociadas al número de tallos, es acertada es decir, que existe correlación bastante cercana a 1 de (0,96), lo que nos indica que para que se produzcan hojas fotosintéticamente activas se necesita que cumpla con un número determinado de tallos.

También se presenta una correlación positiva media, entre área foliar (0, 448**), diámetro copa pequeña (0, 448**) y el índice de área foliar (0, 448**).

El número de tallos no se encuentra muy relacionado con el diámetro de la copa pequeña con una correlación no significativa de 0,064, a diferencia del área foliar e índice de área foliar ambas con (0,272**) el cual son de significancia baja.

El área foliar está íntimamente relacionado con el índice de área foliar ya que presenta una correlación directa y altamente proporcional (1,00**), ya que esta depende de la proyección sobre el plano del suelo del área foliar. Por su parte el diámetro de la copa pequeña (0,790**) y el diámetro de la copa grande (0,791**) en relación con el área foliar presentan una alta relación con una probabilidad menor a $p < 0,05$.

Los diámetros de las copas X (0,790**) Y (0,791**) También se relaciona directamente y en alto grado con el valor del índice de área foliar ya que representa la principal superficie de intercambio entre la copa y la atmósfera, siendo su valor la propiedad estructural de la copa que determina la interceptación de la radiación. (Piñeros, 2009).

7.4 componentes de rendimiento primario

Tabla 12. Descriptivos para el rendimiento de la producción de papa *S. phureja* orgánica

		Descriptivos								
				Desviación		95% del intervalo de confianza para la media				
		N	Media	estándar	Error estándar	Coefficiente de Variación	Límite inferior	Límite superior	Mín.	Máx
Número de tubérculos por planta	1,0	111	19,432	8,9703	,8514	4,38	17,745	21,120	5,0	43,0
	2,0	111	21,153	7,2378	,6870	3,24	19,792	22,515	6,0	40,0
	3,0	111	19,495	7,5425	,7159	3,67	18,077	20,914	3,0	43,0
	Tota l	333	20,027	7,9688	,4367	11,29	19,168	20,886	3,0	43,0
Peso de los tubérculos por planta	1,0	111	284,86	129,5718	12,2984	4,31	260,492	309,237	60,0	740,0
	2,0	111	321,89	172,4609	16,3693	5,08	289,452	354,332	60,0	920,0
	3,0	111	321,71	209,5574	19,8903	6,18	282,294	361,130	60,0	1100,0
	Tota l	333	309,48	173,9860	9,5344	15,57	290,734	328,245	60,0	1100,0

En la tabla 12. Se describen y se resumen las observaciones obtenidas sobre el rendimiento en cuanto a la producción de la papa criolla *S. phureja* orgánica.

El número de tubérculos por planta (21,153) y el peso de los tubérculos por planta (321,892), del T2 presentan una media aritmética más alta que los tratamientos T1 y T3, el cual es el promedio estándar. En cuanto a la desviación estándar para el número de tubérculos por planta el T1 presenta mayor dispersión (8,9703) en relación a T2 y T3 y en el peso de los tubérculos por planta destaca el T3 con una desviación estándar de (209,5574).

El error estándar es el índice que cuantifica cuánto se apartan los valores en la muestra de sus correspondientes valores en la población, en el número de los tubérculos por planta el

T1 presenta un error de (0,8514) a diferencia de los T2 y T3. El coeficiente de variación nos permite evaluar la normalidad de los datos. El coeficiente de variación de los número de tubérculos por planta (3,24) del T2 y peso de los tubérculos (4,31) del T1 se Ajustan mejor a la curva normal de la variable. El T1 presenta un límite inferior (17,745) y un límite superior de (21,120) más bajo y alto que en los T2 y T3.

Con los mínimos y máximos se haya el rango y con él, se establecen la marca de frecuencia con la cual se estructuran las tablas de frecuencia absoluta y relativa. El T3 de los números de tubérculos por planta presenta un mínimo de (3,0) y un máximo de (43,0) y el T1 presentan también un rango máximo de (43,0). En cuanto a los mínimos de peso de los tubérculos por planta los tratamientos T1, T2 y T3 son de 60 y un máximo de (740,0).

Tabla 13. *Anova de un factor para comparar el rendimiento de cosecha utilizando como tratamiento 3 dosis.*

		Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	F	Sig.
Planta	Entre grupos	,000	2	,000	,000	1,000
	Dentro de grupos	37962,000	330	115,036		
	Total	37962,000	332			
Lnuturb	Entre grupos	,202	2	,101	2,58 6	,077
	Dentro de grupos	12,900	330	,039		
	Total	13,102	332			
Lnpesodelostuber	Entre grupos	,086	2	,043	,796	,452

Dentro de grupos	17,860	330	,054
Total	17,946	332	

Lnutur: logaritmo natural número de tubérculos, Lnpesodelostuber: logaritmo natural peso de los tubérculos.

En la tabla 13. Muestra que el modelo de Anova de un solo factor no es significativo para ninguna de las variables usadas para los componentes de cosecha, por lo tanto utilizamos la prueba de contrastes para saber cuál es la diferencia entre los tratamientos.

Tabla 14. *Contrastes para determinar la diferencia entre los tratamientos*

Contraste	Coeficientes de contraste		
	tratamiento		
	1,0	2,0	3,0
1	2	-1	-1
2	1	-2	1
3	1	1	-2
4	1	-1	0
5	0	1	-1
6	1	0	-1

Pruebas de contrastes

	Contraste	Valor de	Error	t	gl	Sig. (bilateral)	
		contraste	estándar				
Planta	Suponer varianzas iguales	1	,000	2,4936	,000	330	1,000
		2	,000	2,4936	,000	330	1,000
		3	,000	2,4936	,000	330	1,000
		4	,000	1,4397	,000	330	1,000
		5	,000	1,4397	,000	330	1,000
		6	,000	1,4397	,000	330	1,000
	No se asume varianzas iguales	1	,000	2,4936	,000	220,000	1,000
		2	,000	2,4936	,000	220,000	1,000
		3	,000	2,4936	,000	220,000	1,000

		4	,000	1,4397	,000	220,000	1,000
		5	,000	1,4397	,000	220,000	1,000
		6	,000	1,4397	,000	220,000	1,000
	No se asume	1	-73,874	35,6171	-2,074	297,844	,039*
Peso de los tubérculos Por planta	varianzas iguales	2	-37,207	40,2329	-,925	217,002	,356
		3	-36,667	44,7404	-,820	169,586	,414
		4	-37,027	20,4745	-1,808	204,176	,072
		5	,180	25,7600	,007	212,147	,994
		6	-36,847	23,3854	-1,576	183,382	,117
		No se asume	1	-0,0702	,04850	-1,447	191,115
Lnumtuber	varianzas iguales	2	-0,1022	,04299	-2,377	262,599	,018*
		3	0,0321	,04624	,693	215,199	,489
		4	-0,0575	,02638	-2,178	207,873	,031*
		5	0,0448	,02499	1,791	214,838	,075
		6	-0,0127	,02815	-,451	218,237	,652

Lnumtuber: logaritmo natural número de tubérculos

En la tabla 14. Se evaluaron los contrastes para el peso de los tubérculos por planta y el logaritmo natural del número de tubérculos.

Para el peso de los tubérculos dio significativo para el contraste 1 que nos indica que el T2 y T3 tienen diferencias de una probabilidad de $p < 0,1$ con respecto al T1. Lo que nos indicaría mirando los promedios que son más pesados los tubérculos del T2 y T3.

En el número de tubérculos por planta se presentó un contraste 2 el cual nos indica que en T2 hubo mayor número de tubérculos por planta que en los T1 y T3. El contraste 4 mostro que el T2 tiene una ventaja significativa sobre el T1.

7.5 Evaluación fitosanitaria del cultivo de papa Criolla (*S. phureja*) orgánica.

El manejo fitosanitario o MIPE (Manejo Integrado de Plagas y enfermedades) actualmente incluye estrategias culturales, y biológicas que generalmente no se implementan de forma técnica y sin tener en cuenta la incidencia de las plagas y enfermedades a través del desarrollo del cultivo, con aplicaciones convencionales de insumos altamente tóxicos que

perjudican al productor al generarle dependencia de éstos y efectos nocivos al ambiente y salud. El manejo cultural y biológico de plagas en papa criolla como nuevas alternativas de producción, se da por el uso de semilla certificada, labranza mínima, recolección de residuos, uso de hongos entomopatógeno, trampas, densidades de siembra, entre otras.

Tabla 15. *Resultados de producción en sus distintos tratamientos T1, T2 y T3 para el ensayo papa criolla orgánica*

Tratamiento	Riche	Σ Segunda y Tercera	Total producción por tratamiento	Producción por hectáreas
T1	34	44	78	9,2
T2	32	56	88	10,4
T3	41	36	77	9,1
Total	107	136	243	

Producción: (kg)

La papa criolla (*S. phureja*) var. Criolla Colombia, en cuanto a su potencial de rendimiento en condiciones óptimas de cultivo es de 15 t/ha (Universidad Nacional de Colombia & Fedepapa, 2005); Según la Tabla 15, la sumatoria total de los tres tratamientos arrojó 243kg equivalentes al área total del ensayo, comparando estos resultados con el rendimiento óptimo en un cultivo tradicional el porcentaje de producción fue del 55.5%

7.5.1 Manejo cultural de Babosas (*Deroceras sp.*)

La figura 4 muestra los individuos capturados y el comportamiento de la población de babosas con el crecimiento del cultivo, dando como resultado un incremento progresivo con la llegada de las lluvias, indicando que el mes de mayo se obtuvo el mayor número de capturas; Este tipo de molusco le favorece condiciones como la alta humedad en el suelo y el exceso de materia orgánica, condiciones que se encuentran muy marcadas en la finca La Paz.

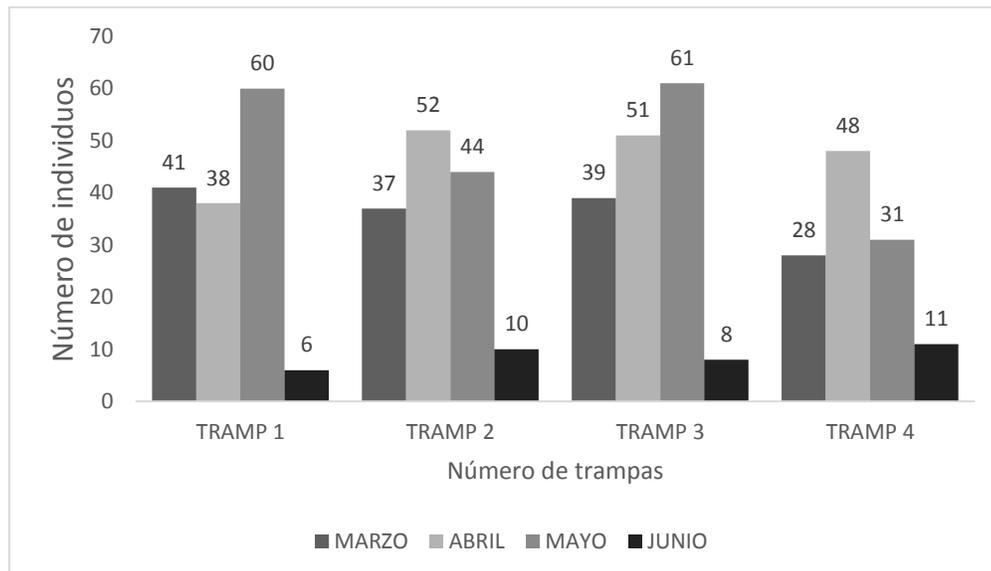


Figura 4. Individuos capturados de babosas (*Deroceras sp.*) mensualmente en 4 trampas distribuidas en los bloques del ensayo.

7.5.2 Virus del amarillamiento de las venas de la papa (PYVV).

El amarillamiento de las venas en las hojas de la papa criolla es una enfermedad causada por el virus PYVV. La figura 5 se reporta una planta con la sintomatología del virus en el total del área sembrada para el ensayo experimental. Se realizó la práctica de extracción de la planta afectada eliminando desde la raíz con una pala, se aísla utilizando una bolsa plástica que cubra toda la planta y sus raíces a medida que se retiraba del sitio; esto da como resultado una incidencia de 1 planta afectada por 1080 plantas sembradas.



Figura 5. Planta afectada por virus (PYVV), en el ensayo experimental establecido en la finca La Paz.

7.5.3 control etológico para la polilla guatemalteca (*Tecia solanivora*).

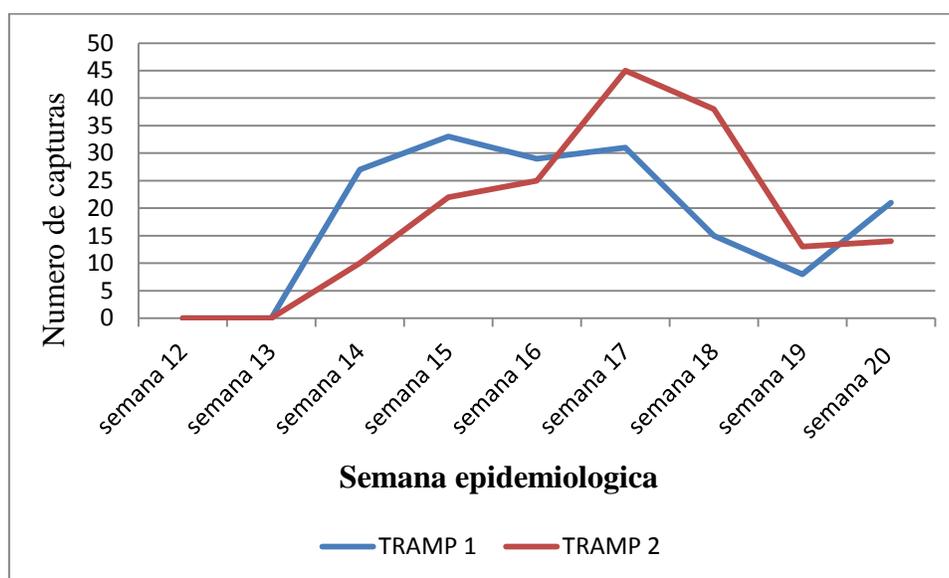


Figura 6. Numero de machos capturas de polilla guatemalteca (*T. solanivora*) por semana epidemiológica.

En la figura 6 se observó que el número de machos capturados semanalmente desde el estadio vegetativo, teniendo incremento en el mes de abril ya que el cultivo se encontraba en proceso de tuberización siendo ello un atrayente para realizar la ovoposición en la base del tallo.

7.6 Grados días calor en cada estado fenológico en los tratamientos evaluados para el cultivo de papa criolla orgánica.

Tabla 16. Modelo de regresión cubica para determinar los Grados Días Calor para el tratamiento 1

R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
0,914	0,836	0,831	26,764

Nota: La variable independiente es DDS. a. La ecuación se ha estimado sin el término constante.

El R^2 de la regresión se encuentra por encima de 0,5 lo cual indica confiabilidad entre los datos que se vayan a estimar con dicha ecuación. *1*

Tabla 17. *Tabla de Anova de la regresión cubica para determinar los Grados Días Calor para el tratamiento 1*

Fuente de variación	Grados			F	Sig.
	Suma de cuadrados	de libertad	Cuadrado medio		
Regresión	365655,947	3	121885,316	170,152	0,000
Residuo	71632,998	100	716,330		
Total	437288,945	103			

Nota: La variable independiente es DDS.

a. La ecuación se ha estimado sin el término constante.

En la tabla 17 el modelo de Anova obtenido para la regresión cubica es significativo a una probabilidad menor de $p < 0,01$.

Tabla 18. *Tabla de coeficientes del modelo de la regresión cubica para estimar los Grados Días Calor para el tratamiento 1 (50%)*

	Coeficientes				
	Coeficientes no estandarizados		estandarizados		
	B	Error estándar	Beta	t	Sig.
DDS	5,785	,447	5,179	12,954	0,000
DDS ** 2	-,129	,014	-9,106	-9,528	0,000
DDS ** 3	,001	,000	4,807	8,061	0,000

DDS: coeficiente lineal significativo, DDS**2: coeficiente cuadrático significativo, DDS**3: coeficiente cúbico significativo.

Los 3 componentes de la regresión cubica presentan significancia a una probabilidad menor de $p < 0,01$. Flores, H. & Ojeda, W. 2014 consideran que el $^{\circ}D$ es un buen indicador para

conocer el desarrollo de las fases fenológicas de la papa, pero que el ° D no tiene relación con la edad fisiológica de los tubérculos destinados para semilla. Por tanto, el conocimiento de las fases fenológicas del cultivo es importante para acoplar las labores agronómicas y la aplicación de insumos durante su ciclo de desarrollo. El T1 tuvo una acumulación de GDC para el primer estado fenológico de (131,75), como lo muestra la tabla 20, para el segundo estado fenológico de (85,05), y para el tercero y cuarto estado fenológico una acumulación de (97,85). El primer estado fenológico obtuvo más acumulación debida a que el cultivo en este periodo duro 49 DDS en comparación con los demás estados fenológicos que fueron de menos días.

Tabla 19. *Modelo de regresión cubica para determinar los Grados Días Calor para el tratamiento 2*

R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
0,914	0,836	0,831	26,764

Nota: La variable independiente es DDS. a. La ecuación se ha estimado sin el término constante.

El R^2 de la regresión se encuentra por encima de 0,5 lo cual indica confiabilidad entre los datos que se vayan a estimar con dicha ecuación. Para el caso del T2 el R^2 es de (0,836) como lo muestra la tabla 19.

Tabla 20. *Tabla de Anova de la regresión cubica para determinar los Grados Dias Calor para el tratamiento 2*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Sig.
Regresión	365655,947	3	121885,316	170,152	,000

Residuo	71632,998	100	716,330
Total	437288,945	103	

Nota: La variable independiente es DDS.

a. La ecuación se ha estimado sin el término constante.

En la tabla 20 el modelo de Anova obtenido para la regresión cubica es significativo a una probabilidad menor de $p < 0,01$.

Tabla 21. *Tabla de coeficientes del modelo de la regresión cubica para estimar los Grados Días Calor para el tratamiento 2 (25%)*

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		
	B	Error estándar	Beta	t	Sig.
DDS	5,785	,447	5,179	12,954	,000
DDS ** 2	-,129	,014	-9,106	-9,528	,000
DDS ** 3	,001	,000	4,807	8,061	,000

DDS: coeficiente lineal significativo, DDS**2: coeficiente cuadrático significativo, DDS**3: coeficiente cúbico significativo.

Los 3 componentes de la regresión cubica presentan significancia a una probabilidad menor de $p < 0,01$. El conocimiento de los requerimientos térmicos, representa ventajas prácticas y agronómicas, que permiten optimizar la utilización de insumos y planificar el cultivo de papa criolla (*S. phureja*) bajo condiciones climáticas variables.

El T2 tuvo una acumulación de los GDC total por cada estado fenológico de (314,65).

Tabla 22. *Modelo de regresión cubica para determinar los Grados Días Calor para el tratamiento 3.*

R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
0,908	0,824	0,819	26,624

La variable independiente es DDS.

a. La ecuación se ha estimado sin el término constante.

El R^2 de la regresión se encuentra por encima de 0,5 lo cual indica confiabilidad entre los datos que se vayan a estimar con dicha ecuación. Para el caso del T3 el R^2 es de (0,824) como lo muestra la tabla 22.

Tabla 23. *Anova de la regresión cubica para determinar los Grados Días Calor para el tratamiento 3.*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad		Cuadrado medio	F	Sig.
Regresión	332231,090	3		110743,697	156,233	,000
Residuo	70883,555	100		708,836		
Total	403114,645	103				

La variable independiente es DDS.

a. La ecuación se ha estimado sin el término constante.

En la tabla 23 el modelo de Anova obtenido para la regresión cubica es significativo a una probabilidad menor de $p < 0,01$.

Tabla 24. *Coefficientes del modelo de la regresión cubica para estimar los Grados Días Calor para el tratamiento 3 (75%).*

	Coefficientes no estandarizados		Coefficientes estandarizados		t	Sig.
	B	Error estándar	Beta	s		
DDS	5,582	,444	5,205		12,566	,000
DDS ** 2	-,127	,013	-9,354		-9,447	,000
DDS ** 3	,001	,000	5,041		8,158	,000

DDS: coeficiente lineal significativo, DDS**2: coeficiente cuadrático significativo, DDS**3: coeficiente cúbico significativo.

Los 3 componentes de la regresión cubica presentan significancia a una probabilidad menor de $p < 0,01$. En el T3 la acumulación de los grados días calor para el periodo vegetativo fue de (128,5), la acumulación en la floración fue de (85,05), en tuberización, muerte y senescencia se tuvo una acumulación de (97,85). La acumulación total para el T3 fue más baja que en el T1 y T2 debido a que entro más rápido en floración con una acumulación total de (311, 4) mientras el T1 y T2 tuvieron una acumulación total de (314,65) teniendo una diferencia de 2 días para entrar a floración más del 50% de las plantas de dichos tratamientos.

8. Conclusiones

Se concluyó que la escala fenológica para la zona de estudio fue de una duración de 104 días en comparación a la establecida por la escala internacional BBCH de 120 días para la papa criolla (*S. phureja*), var. Criolla Colombia; debido a condiciones agroclimáticas, fenómeno del niño y topografía.

La papa criolla (*S. phureja*) var. Criolla Colombia, en cuanto a su potencial de rendimiento en condiciones óptimas de cultivo es de 15 t/ha; la sumatoria total de los tres tratamientos arrojó 243kg equivalentes al área total del ensayo, por lo tanto se concluyó que el T2, fue el que mejor rendimiento tuvo en cuanto a número de tubérculos por planta y peso de los tubérculos por planta, con un peso total de 88 kg con una fertilización del 50%.

Se concluyó que *P. infestans*, es la enfermedad más limitante en el cultivo de la papa, la cual responde al incremento de las lluvias, aumentando su severidad en campo.

Se determinó los grados días calor por estados fenológicos de los tratamientos, se concluyó que la acumulación total para el T1 y T2 fue de 314, 65 en comparación al T3 el cual tuvo una acumulación total de 311,4 el cual es una de las razones que la producción es más baja para el T3 y más alta para los otros tratamientos.

9. Recomendaciones

Se recomienda realizar más investigación en agricultura orgánica, en la familia de las Solanáceas ya que esta familia es una de la más difíciles de manejar en cuanto al estatus sanitario y de fertilización.

Por seguridad alimentaria e inocuidad se deben manejar cultivos de manera orgánica o por lo menos limpia, en el cual se reduzca la utilización de moléculas químicas y se tengan en cuenta los periodos de carencia.

Se recomienda que los productores alternen los productos de síntesis química con los productos orgánicos, teniendo en cuenta la compatibilidad de ellos.

Se le recomienda a los estudiantes del programa de Ingeniería Agronómica, realizar trabajos de investigación en: agricultura orgánica, agricultura química o certificaciones de predios para exportación. Y la continuación de este proyecto a nivel comercial.

Bibliografía

- Anuario-Estadístico. (2014). Sector Agropecuario- Departamento, Norte de Santander. San José de Cúcuta
- Baglione, L. (2011). Usos de la tierra diatomea. De:
http://www.tecnicana.org/pdf/2011/tec_no27_2011_p33-34.pdf
- Bouzo, C. (2008). El Cultivo de la Papa en Argentina. Buenos Aires: Universidad Nacional del Litoral.
- Castellanos, P & Atehórtua A. (2010). Análisis de situación de salud (ASIS) en municipios de frontera departamento Norte de Santander. Gobernación de Norte de Santander instituto departamental de salud de Norte de Santander Convenio 485 de 2010 OPS/MPS 142 p.
- Corporación Colombiana para la investigación agropecuaria (CORPOICA). (2014). Evaluación del control del gusano blanco de la papa mediante la utilización del hongo entomopatógeno (*Beauveria bassiana*). Recuperado el 10 de junio de 2016, de:
http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/jspui/bitstream/11348/6427/1/20051130145540_Resumen%20Ejecutivo%20Estudio%20Gusano%20Papa.pdf
- Cueva. K & Erreis. R. (2008). Manejo integrado, producción orgánica y revalorización local de cultivos andinos tradicionales. De
<https://l.facebook.com/l.php?u=https%3A%2F%2Frepository.unm.edu%2Fbitstream%2Fhandle%2F1928%2F12945%2FManejo%2520integrado%2C%2520producci%25C3%25B3n.pdf%3Fsequence%3D1&h=aAQF3tSke>

- Escallón, R., Ramírez, M., & Núñez, C. (2005). Evaluación del potencial de rendimiento y de la resistencia a *Phytophthora infestans* (Mont. de Bary) en la colección de papas redondas amarillas de la especie *Solanum phureja* (Juz. et Buk.). *Agronomía Colombiana*, 23(1), 35-41.
- Federación Colombiana de productores de Papa (FEDEPAPA). (30 de Diciembre de 2013). "ser buena papa" un compromiso de todos. (S. María, Ed.) *Revista Papa, II* (30), 10-13.
- Flores, H. & Ojeda, W. (2014). PREDICCIÓN FENOLÓGICA DEL CULTIVO DE PAPA MEDIANTE TIEMPO TÉRMICO. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 37 (2): 149 – 157
- Gómez, M. & Villegas, J. (2013). MICORRIZAS EN LA AGRICULTURA. *Madera y Bosques* 19(3), 2013:51-63
- Huamán, z. (2008). Descriptores morfológicos de la planta. Producciones Gráficas S.I.
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2011). Manejo fitosanitario del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* subsp. *andigena* y *S. phureja*). Colombia, pág.14
- Infante, D. & Martínez, B. (2009). MECANISMOS DE ACCIÓN DE *Trichoderma* FRENTE A HONGOS FITOPATÓGENOS. *Rev. Protección Veg.* v.24 n.1 La Habana ene.-abr. 2009.
- Layton, C. & Maldonado, E. (2011). *Bacillus* spp.; perspectiva de su efecto biocontroladores mediante antibiosis en cultivos afectados por Fitopatógenos. Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca. Bogotá D.C. pág. 177- 184
- Ministerio de agricultura y desarrollo rural (MADR). (21 de Noviembre de 2006). *Desarrollo de la Fruticultura en el Norte de Santander*. Recuperado el 21 de Julio de 2015, de <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:oo6RIWmdb9YJ:www.asoho>

frucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca_111_PFN%2520NORTESANTANDER.d
oc+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=co

Mendoza, R. (2011). Características y parámetros de calidad en papa criolla" Tecnologías De Producción Y Transformación De Papa Criolla. *Facultad De Agronomía Universidad Nacional De Colombia*, 15-16.

Muñoz L, & Lucero A, 2008. Efecto de la fertilización orgánica en el cultivo de papa criolla *Solanum phureja*. De <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/13520>

Mompies, E., Martin, R., & Yusnier, D. (2014). Estimación de la superficie foliar en dos variedades de papa (*Solanum tuberosum L.*) por métodos no destructivos. *Cultivos Tropicales*, 57-61.

Moreno, J. & Carvajal, H. (2009). *Manejo integrado del cultivo de la papa*. Bogotá: Productos editoriales y audiovisuales.

Ñustez, C. E. (2011). *Varietades colombianas de papa*. Bogotá: ISBN 978-958-761-100-7. 48 p.

Oleas, E. (2015). Efecto de la aplicación de tres niveles de nitrógeno usando tres fuentes orgánicas en el rendimiento del cultivo de papa (*Solanum phureja*) cv. Yema de huevo. De <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3956>

Piñeros, C. J. (2009). *Recopilación de la investigación del sistemas productivo de papa criolla*. Bogotá: copyright.

Piñeros, C. Y. (2009). *Recopilación de la investigación del sistema productivo papa criolla*. Bogotá, Cundinamarca, Colombia: Fedepapa.

- Rodríguez, L., & Tinjacá, S. (2014). Pruebas de evaluación agronómica (PEA) de genotipos de papa criolla (Grupo phureja) para la región natural andina, subregión natural nudo de los pastos. De http://www.seguridadalimentarianarino.unal.edu.co/sites/default/files/pdf-componentes/C.Mej-Gen_Pruebas-Evaluacion-Agronomica-SAN-Narino.pdf
- Rodríguez, L. (2019). Ecofisiología del cultivo de la papa *Solanum tuberosum*. *Rev. Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 4(1), 97-108.
- Rodríguez, O., Rodríguez, L., & Cotes, J. (2013). Caracterización morfo agronómica de híbridos provenientes del cruzamiento entre especies diploides de papa. *Rev. Facultad de ciencias básicas*, pp. 54-57.
- Rodríguez, L., Ñustez, C., & Estrada, N. (2009). Criolla Latina, Criolla Paisa y Criolla Colombia, nuevos cultivares de papa criolla para el departamento de Antioquia (Colombia). *Agronomía Colombiana*, 89-303.
- Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y Alimentación (FAO). 2013. Uso del modelo aquacrop para estimar rendimientos para el cultivo de papa en los departamentos de Cundinamarca y Boyacá pp1-62
- Salazar, C. & Betancourth C. (2009). Evaluación de los extractos de plantas para el manejo de Polilla Guatemalteca (*Tecia solanivora*) en cultivos de papa en Nariño, Colombia. *Agronomía Colombiana* 27(2): 219:226
- Sánchez, Javier. 2005. Determinación de las etapas críticas en el desarrollo fenológico del cultivo de la papa *Solanum phureja*, frente al ataque de la polilla guatemalteca *Tecia solanivora* (Lepidóptera: Gelechiidae). De <http://www.scielo.org.co/pdf/agc/v23n2/v23n2a06.pdf>

- Santamaría, M., Montañez, J., & Sánchez, R. (12 de Octubre de 2010). Evaluación de la producción limpia de papa criolla (*Solanum phureja*) en Madrid, Cundinamarca. *Facultad de Ingeniería UNIMINUTO* (9), 9-12.
- Santo, M. (2010). *Evaluación del crecimiento, desarrollo y componentes de rendimiento de cuatro cultivares de papa criolla en dos localidades del departamento de Cundinamarca*. Bogotá D.C
- Tapia, M. & Fries, A. (2007). Guía de campo de los cultivos andinos. FAO y ANPE. Lima. Pp 74-89.
- Universidad Nacional de Colombia & Federación Colombiana de productores de Papa (FEDEPAPA). (2005). De: <http://www.papaunc.com/catalogoExtendido.shtml?x=50>

Anexos

Anexo 1. Gráficas de la media del contraste evaluado en cuanto al número de tubérculo por planta.

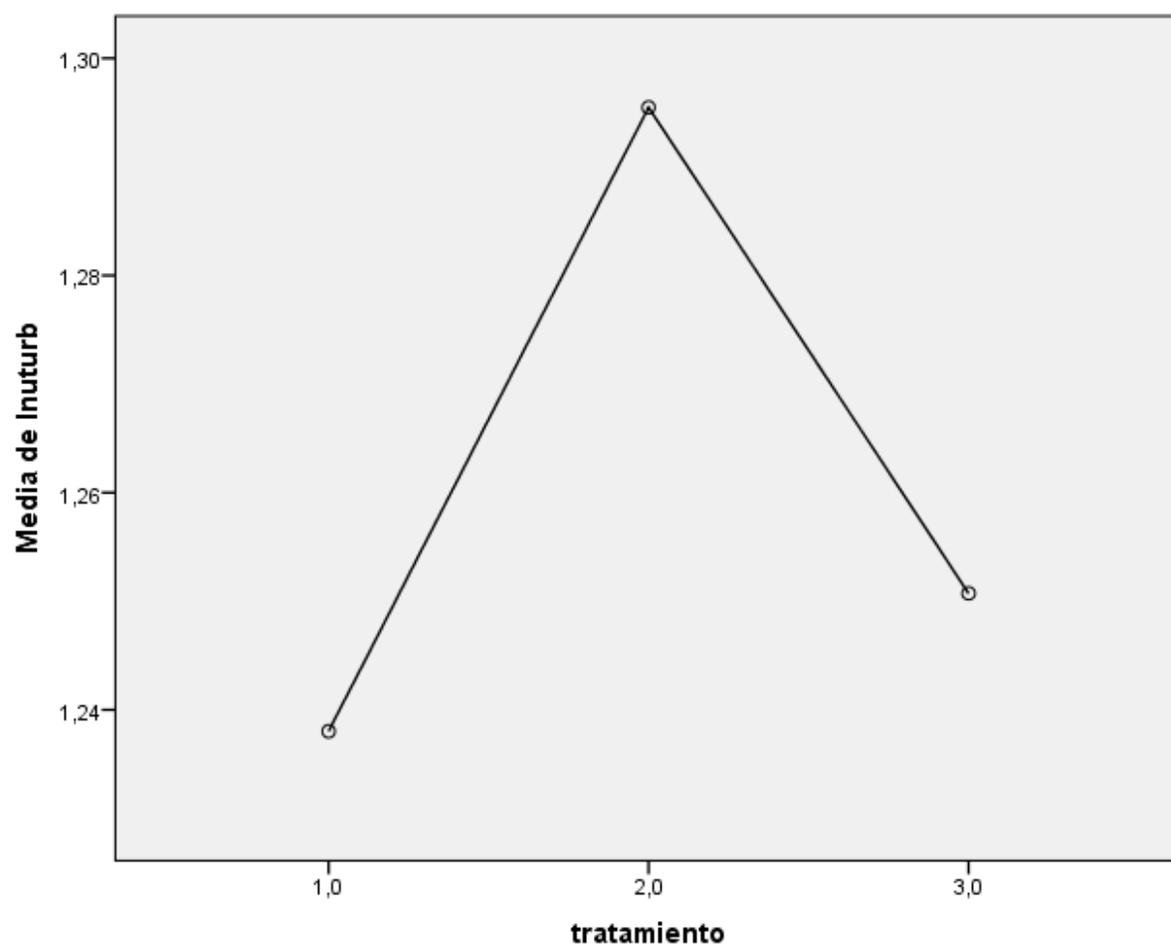


Figura 7. Media del logaritmo natural del número de tubérculos por planta.

Anexo 2. Gráficas de la media del contraste evaluado en cuanto al peso de los tubérculos por planta.

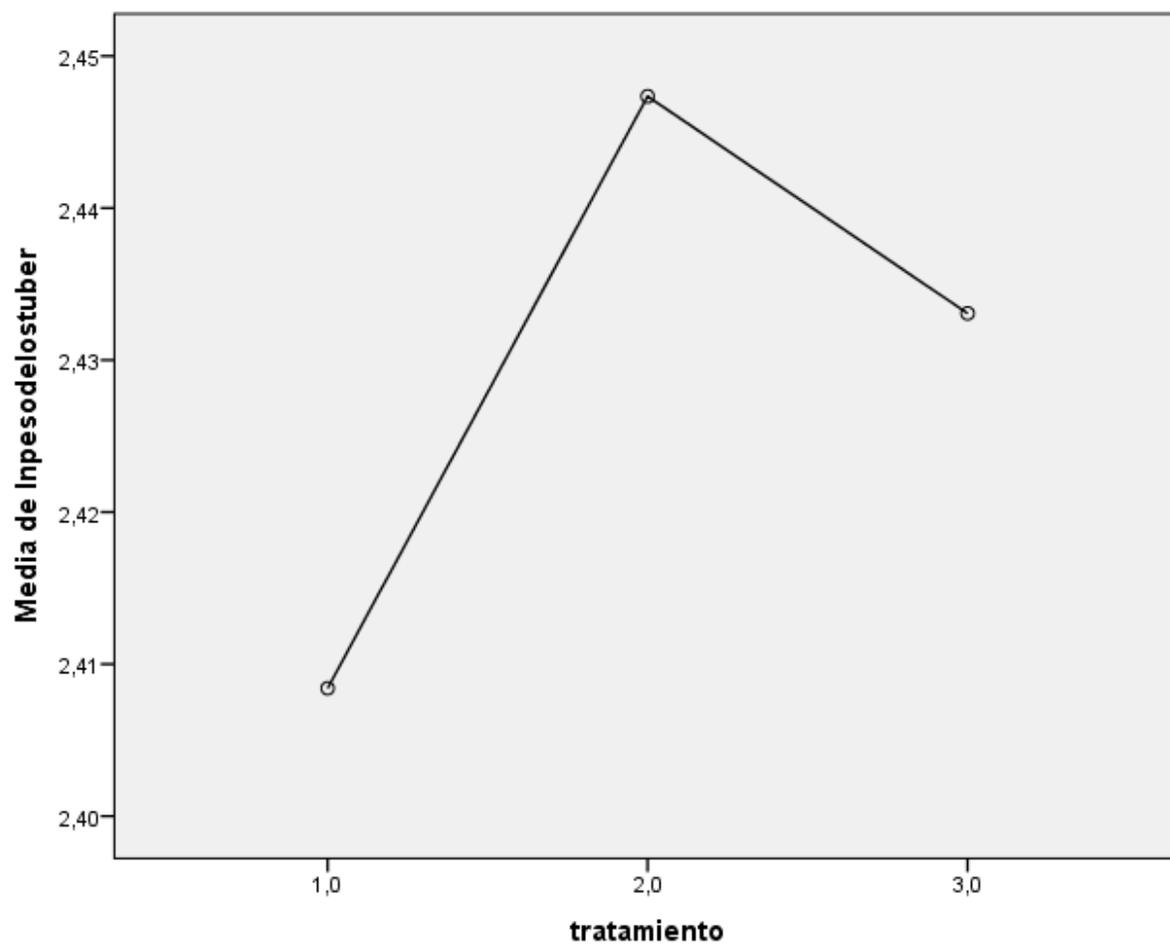


Figura 8. Media del logaritmo natural del peso de los tubérculos por planta.

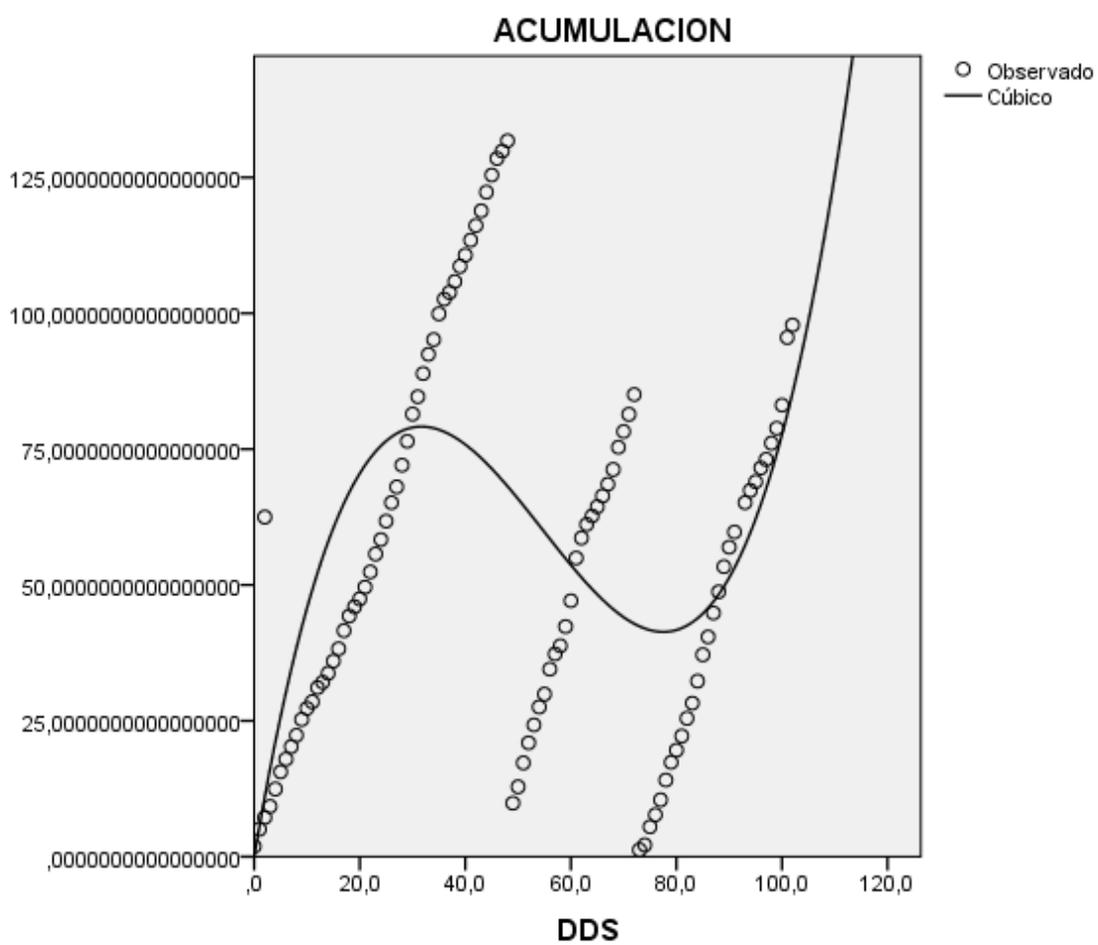


Figura 10. Acumulación de los grados días calor por estado fenológico en el tratamiento 2.

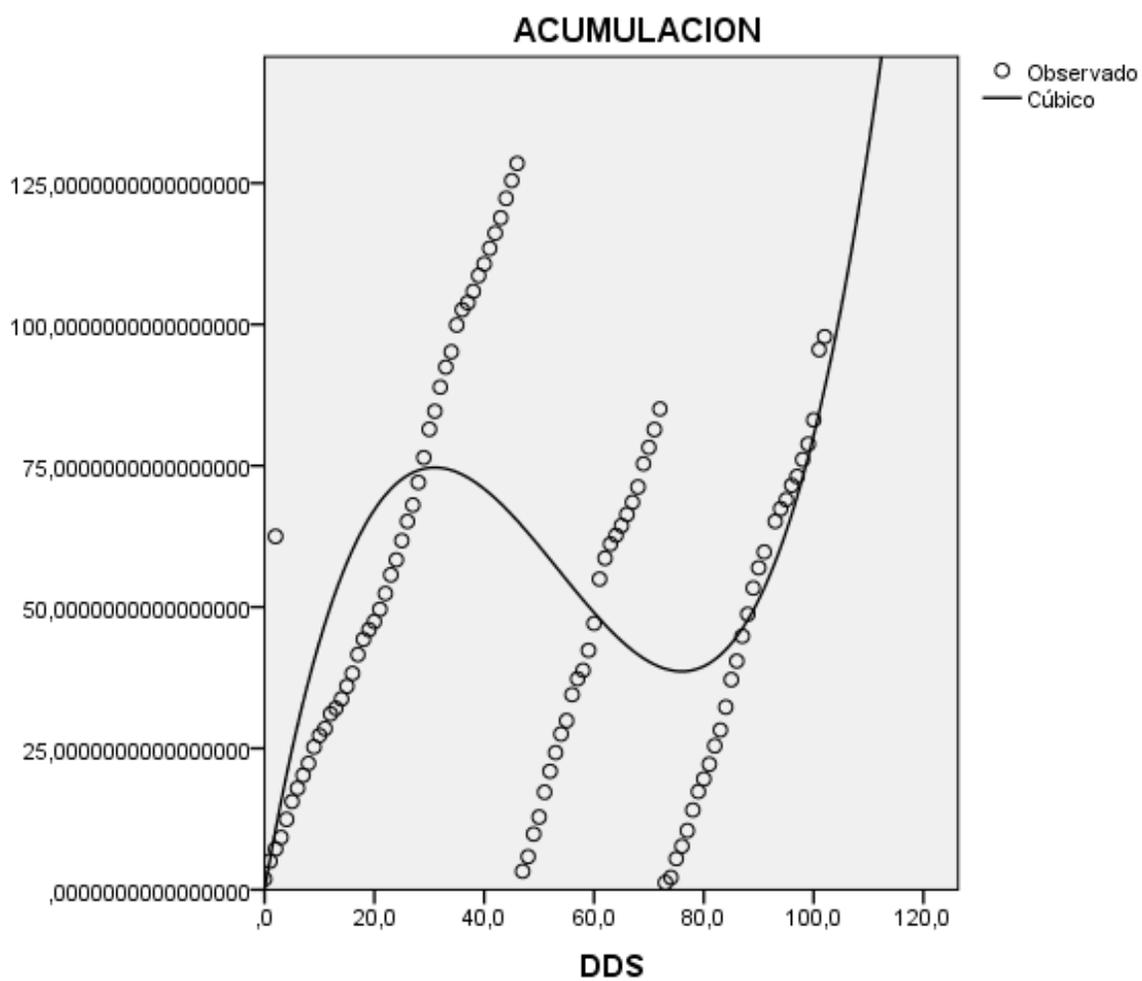


Figura 11. Acumulación de los grados días calor por estado fenológico en el tratamiento 3.

Anexo 4. Análisis de suelo en finca La Paz.



Fertilizantes: Químicos
Químico Orgánicos
Líquidos

LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS

CLIENTE	Lincon Alexis Monroy
FINCA	La Marujita
MUNICIPIO	Pamplonita
CULTIVO	Quinua
FECHA	04-11-2015

RESULTADOS

PARAMETRO	RESULTADO	UNIDAD	REFERENCIA	COMPARATIVO			METODO
				BAJO	MEDIO	ALTO	
pH	6,34		Bajo	4-6,5	6,6-7,3	>7,3	Electrométrico phmetro
C.O.	2,73	%	Bajo	<2,9	2,9-5,7	>5,7	Valoración Walkley Black
MAT. ORG.	4,75	%	Bajo	<5,0	5,0-10	>10,0	Valoración Walkley Black
C.E.	0,59	dS/m	Bajo			>2,5	Electrométrico Conductivimetro
C.I.C.	16,53	Meq/100 gr	Medio	< 10	10-20	>20	Valoración Acetato de Amonio
POTASIO	0,25	Meq/100 gr	Medio	<0,20	0,2-0,4	>0,4	Refractometria
CALCIO	8,25	Meq/100 gr	Alto	<3,0	3,0-6,0	>6,0	Colorimétrico
MAGNESIO	4,39	Meq/100 gr	Alto	<1,5	1,5-2,7	>2,7	Colorimétrico
ALUMINIO	N.D.	Meq/100 gr	Bajo			>0,5	Valoración Extracción KCl
FOSFORO	40,40	ppm	Alto	<20	20-40	>40	Colorimétrico Bray 2
AZUFRE	5,67	ppm	Medio	<5,0	5,0-15	>15	Turbidimetrico
HIERRO	107,04	ppm	Alto	<25	25-50	>50	Colorimétrico
BORO	0,14	ppm	Bajo	<0,20	0,2-0,4	>0,4	Colorimétrico
ZINC	3,29	ppm	Medio	<2,5	2,5-5,0	>5,0	Colorimétrico
COBRE	0,89	ppm	Bajo	<1,0	1,0-2,5	>2,5	Colorimétrico
ARENA	47	%					Bouyoucos
ARCILLA	21	%					Bouyoucos
LIMO	32	%					Bouyoucos
TEXTURA	Franco						Bouyoucos
REL Ca/Mg	1,87		Baja	<3	3,0-6,0	>6,0	
REL Ca/K	33,00		Alta	<15	15-30	>30	
REL Mg/K	17,56		Alta	<10	10-15	>15	
REL Ca+Mg/K	50,56		Alta	<20	20-40	>40	

JULIO CESAR ANTOLINEZ GÓMEZ

Fabrica Finca la Fortuna Km. 27 vía al mar. Portachuelo. Rionegro. Telefax 6450745. Cel. 315
635 54 84 315 634 86 97



Fertilizantes: Químicos
Químico Orgánicos
Líquidos

Químico U.I.S. Tarjeta Profesional. P.Q. 1160

Especialista en fertilizantes y medio ambiente U.A.M. (España)

RECOMENDACIONES QUINUA SIEMBRA

ENMIENDAS	FERTILIZANTES GRANULADOS	
	FERTILIZANTES RADICULARES	FOLIARES
No aplicar cal , ni gallinazas que contengan Calcio , solo aplicar 2500 Kg de Lombrinaza / Ha 20 días antes de sembrar	20 días después de sembrar aplicar 200 Kg de T-15 , mas 100 gr de Urea / Ha , después del deshierbe antes del aporque aplicar 200 Kg de T-15 , + 50 Kg de Urea / Ha	

ING AGRONOMO JORGE RODRIGUEZ FORTUNATO T.P. 6217

Fabrica Finca la Fortuna Km. 27 vía al mar. Portachuelo. Rionegro. Telefax 6450745. Cel. 315
635 54 84 315 634 86 97

Anexo 5. Evidencias en campo.



