

**Evaluación del rendimiento agronómico de diez clones de papa criolla,  
(*Solanum phureja* Juz et Buck L.) en el municipio de Mutiscua, Norte de  
Santander (2<sup>da</sup> fase).**

**Jorge Cesar Cisneros Figueroa**

**Evaluación del rendimiento agronómico de diez clones de papa criolla,  
(*Solanum phureja* Juz et Buck L.) en el municipio de Mutiscua, Norte de  
Santander (2<sup>da</sup> fase).**

**Trabajo presentado como requisito para optar al título de Ingeniero  
Agrónomo**

**Director**

**César Villamizar Quiñones I.A. M.Sc.**

**Universidad de Pamplona**

**Facultad de Ciencias Agrarias**

**Programa de Ingeniería Agronómica**

**Pamplona**

**2015**

## Dedicatoria

A Dios:

Por haberme dado la existencia, por acompañarme en todo momento de mi vida y permitirme realizar mis estudios superiores.

A mis padres:

José Narciso Cisneros Campos

Ascensión Figueroa Cuellar

A quienes con esfuerzo y sacrificio me ayudaron a cumplir mis metas.

A mi esposa e hijos:

Por ser la motivación y el apoyo de cada día.

A mis hermanos:

Por estar siempre a mi lado y por el apoyo recibido.

## **Agradecimientos**

El autor de este trabajo expresa sus sinceros agradecimientos a:

Al Docente César Villamizar Quiñones I.A M.Sc., director de este trabajo, por su apoyo, dedicación y orientación.

A Gustavo Álzate Díaz I.A M.Sc., y CORPOICA, por permitirme hacer parte del proyecto para la realización de mi trabajo de grado.

Al Sr. Evaristo Pulido & Sra. por permitir la realización de los ensayos en su finca.

La Docente Gladis Montañez M.Sc., por su valiosa asesoría en estadística, para el análisis de los resultados obtenidos.

La Universidad de Pamplona, institución que brindó los espacios y apoyo para el desarrollo de este trabajo de investigación.

A los profesores que hicieron parte de mi formación académica, que con sus consejos y enseñanzas han permitido mi formación profesional.

A la Gobernación del Vichada, por darme la oportunidad de estudiar mediante la beca otorgada.

A mi familia y amigos, por su ayuda y comprensión incondicional durante la realización de este trabajo.

## Tabla de contenido

Capítulo 1 .....	1
1.1 Introducción .....	1
1.2 Problema. ....	3
1.3 Justificación .....	4
1.4 Delimitación.....	5
1.5 Objetivos .....	6
1.5.1 Objetivo general.....	6
1.5.2 Objetivos específicos. ....	6
Capítulo 2.....	7
2.1 Marco de referencia .....	7
2.1.1 Antecedentes. ....	7
2.2 Marco teórico .....	11
2.2.1 Clasificación taxonómica.....	11
2.2.2 La papa criolla en Colombia. ....	12
2.2.3 Producción de papa criolla en Colombia. ....	13
2.2.4 Producción de papa criolla en el Norte de Santander. ....	14
2.2.5 Variedades de papa criolla en Colombia. ....	15
2.2.5.1 <i>Criolla Colombia</i> . ....	15
2.2.5.2 <i>Criolla Galeras</i> . ....	15
2.2.5.3 <i>Criolla Guaneña</i> . ....	16
2.2.5.4 <i>Criolla Latina</i> .....	16
2.2.5.5 <i>Criolla Paisa</i> . ....	16
2.2.6 Manejo agronómico del cultivo. ....	17
2.2.6.1 <i>Selección de semilla</i> . ....	17
2.2.6.2 <i>Suelos y reparación del terreno</i> . ....	17
2.2.6.3 <i>Siembra</i> . ....	17
2.2.6.4 <i>Manejo de malezas y aporque</i> .....	18
2.2.6.5 <i>Fertilización</i> . ....	18
2.2.6.6 <i>Riego</i> . ....	18
2.2.6.7 <i>Manejo de plagas y enfermedades</i> . ....	18

2.2.7 Ecofisiología de la papa. ....	19
2.2.8 Componentes de rendimiento primarios. ....	20
2.2.8.1 Número de tallo por planta. ....	20
2.2.8.2 Número y peso de tubérculos. ....	20
2.2.8.3 Área foliar. ....	21
2.2.9 Componentes de rendimiento secundarios. ....	21
2.2.9.1 Altura de la planta. ....	21
2.2.9.2 Numero de hojas. ....	21
2.2.9.3 Número de mamones o frutos. ....	21
Capítulos 3 .....	22
3.1 Metodología .....	22
3.1.1 Localización. ....	22
3.1.2 Material vegetal. ....	22
3.1.3 Diseño experimental. ....	23
3.1.4 Variables a evaluar. ....	24
3.1.4.1 Número de tallo por planta. ....	25
3.1.4.2 Altura de la planta. ....	25
3.1.4.3 Área foliar. ....	25
3.1.4.4 Número y peso de tubérculos por surcos centrales. ....	26
3.1.4.5 Número de hojas. ....	26
3.1.4.6 Número de mamones o fruto. ....	26
3.1.5 Análisis estadístico. ....	27
Capítulo 4. ....	28
4.1 Resultados y discusión. ....	28
4.1.1 Correlación y regresión lineal para el rendimiento de los clones y el testigo. ....	28
3.1.2 Análisis del rendimiento en peso de la papa criolla. ....	33
3.1.3 Rendimiento por tamaño en categorías. ....	37
4.2 Conclusiones .....	44
4.3 Recomendaciones .....	45
4.4 Bibliografía .....	46
4.5 Anexos .....	49

## Lista de tablas

Tabla 1. Departamento productores, área cosechada, producción y rendimiento de papa criolla en el año 2013 - Colombia.....	14
Tabla 2. Registro y origen de colecta de los clones nativos de papa criolla.....	23
Tabla 3. Correlación de Pearson, del peso total de tubérculos con los componentes de rendimiento agronómico.....	28
Tabla 4. Mínimos cuadrados de la regresión lineal múltiple del rendimiento y sus componentes de la papa criolla.....	31
Tabla 5. Análisis de varianza para el rendimiento total del testigo y los clones.....	34
Tabla 6. Comparaciones múltiples de Tukey para el rendimiento en toneladas por hectárea de la papa criolla.....	34
Tabla 7. Comparaciones de Tukey para el rendimiento en toneladas por hectárea de la categoría cero.....	37
Tabla 8. Comparaciones de Tukey para el rendimiento en toneladas por hectárea de la categoría primera.....	39
Tabla 9. Comparaciones de Tukey para el rendimiento en toneladas por hectárea para la categoría segunda.....	40
Tabla 10. Comparaciones de Tukey para el rendimiento en toneladas por hectárea para la categoría riche.....	41

## Lista de figuras

Figura 1: Distribución de la prueba de evaluación de los diez clones de papa criolla. ....	24
Figura 2: Rendimiento total en toneladas por hectárea del testigo y los clones, comparado con la media nacional y departamental.....	35
Figura 3: Rendimiento por categorías en toneladas por hectárea del testigo y los clones.....	42

## Lista de anexos

Anexo 1. Grafica de dispersión del rendimiento en peso de la papa criolla con el número de tubérculos.....	49
Anexo 2. Grafica de dispersión del rendimiento en peso de la papa criolla con el área foliar....	49
Anexo 3. Grafica de dispersión del rendimiento en peso de la papa criolla con el número de tallos.....	50
Anexo 4. Grafica de dispersión del rendimiento en peso de la papa criolla con la altura de la planta.....	50
Anexo 5. Grafica de dispersión de los datos del rendimiento en peso de la papa criolla con el número de hojas.....	51
Anexo 6. Grafica de dispersión del rendimiento en peso de la papa criolla con el número de mamones.....	51
Anexo 7. Tabla Mínimos cuadrados de la regresión lineal múltiple del rendimiento total en Kg de la papa criolla con todas las variables independientes.....	52
Anexo 8. Supuesto de normalidad de los datos de rendimiento (kg/18 m <sup>2</sup> ) para la regresión lineal múltiple con las variables número de tubérculos, área foliar, número de tallos, altura de la planta, número de hojas y número de mamones.....	53
Anexo 9. Tabla Mejores modelos de regresión de subconjuntos para el rendimiento de la papa criolla y las independientes.....	54
Anexo 10. Supuesto de normalidad del rendimiento en toneladas por hectárea de la papa criolla.....	55
Anexo 11. Análisis de varianza para el rendimiento en categoría cero del testigo y clones.....	55
Anexo 12. Análisis de varianza para el rendimiento en categoría primera del testigo y clones..	55
Anexo 13. Análisis de varianza para el rendimiento en categoría segunda del testigo y clones.	55
Anexo 14. Análisis de varianza para el rendimiento en categoría riche del testigo y clones.....	56
Anexo 15. Supuesto de normalidad de los datos de rendimiento (Kg/18 M <sup>2</sup> ) para la regresión lineal con las variables número de tubérculos, área foliar y número de tallos.....	56
Anexo 16. Supuesto de normalidad para la categoría cero.....	57
Anexo 17. Supuesto de normalidad para la categoría Primera.....	57
Anexo 18. Supuesto de normalidad para la categoría segunda.....	58
Anexo 19. Supuesto de normalidad para la categoría riche.....	58
Anexo 20. Media de los componentes de rendimiento agronómico del testigo y los clones de papa criolla.....	59
Anexo 21. Resultados del Análisis de suelo.....	60
Anexo 22. Evidencias en campo.....	61

## Resumen

Esta investigación se realizó con el objeto de evaluar el rendimiento agronómico de diez clones de papa criolla, en el municipio de Mutiscua (Norte de Santander), a una altitud de 2.765 m.s.n.m. La recolección de los datos, área foliar, número de hojas, altura de la planta y número de mamones se realizaron después de los 60 días de plantación, con excepción del número de tallos que registro antes del primer aporque; a la cosecha se determinó, el número y el peso de los tubérculos por surcos centrales de cada unidad experimental. Los datos presentaron un ajuste lineal y se aplicó una correlación de Pearson y una regresión lineal múltiple. Las variables con mayor correlación indicaron correlaciones significativas con el rendimiento en peso, siendo las más influyentes el número de tubérculos, área foliar, el número de tallos, que lo explican en una 76%. En cuanto al rendimiento, en toneladas por hectárea los clones no presentaron diferencias significativas con el testigo (Criolla Colombia), por lo tanto todos superan la media nacional (13.7 t/ha) y departamental (21.5). Además en el análisis de rendimiento por categoría se encontró diferencias significativas en las categorías cero, segunda y riche, siendo la de mayor aporte al peso, la categoría segunda.

Palabras claves: *Solanum phureja*, componentes del rendimiento, rendimiento, categorías.

### Abstract

This research was conducted in order to evaluate the agronomic performance of ten clones of Creole Pope, in the municipality of Mutiscua (Norte de Santander), at an altitude of 2.765 meters. Data collection, leaf area, number of leaves, plant height and number of suckers is 60 days after planting done, except number of stems to register before the first hoeing; the harvest is determined, the number and weight of tubers per plant rows of each experimental unit. The data showed a linear fit and Pearson correlation and multiple linear regression was applied. The variables with higher correlation showed significant correlations with performance in weight, the most influential number of tubers, leaf area, and number of stems that explain in a 76%. Performance-wise, in tons per hectare clones showed no significant differences with the control (Criolla Colombia), therefore all above the national average (13.7 t / ha) and departmental (21.5). In addition to performance analysis by category significant differences in zero categories, second and riche it was found, with the largest contribution to the weight of the second category.

Keywords: *Solanum phureja*, yield components, performance categories.



## Capítulo 1

### 1.1 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). A nivel mundial para el año 2013 se produjeron aproximadamente 367.753.014 toneladas métricas en un área cosechada de 19.454.997 hectáreas (FAO, 2014). Colombia en el 2014 ocupaba el puesto número 36 entre 136 países productores.

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).

La papa criolla se cultiva entre los 2.000 a 3.500 m.s.n.m siendo óptima una altura comprendida entre 2.300 y los 2.800 m.s.n.m. El mejor suelo para su cultivo son aquellos que presentan una textura franca con buen drenaje y un pH comprendido entre 5,2 y 5,9 con buenos niveles de materia orgánica (Espinal & Martínez, 2005).

En Norte de Santander la producción de papa criolla se distribuye en los municipios de Silos, Pamplona, Cacota, Chitagá, Mutiscua y Herrán, donde se destaca la siembra de la variedad Criolla Colombia y la variedad Criolla Yema de Huevo, presentan rendimiento promedios de 21.5 toneladas por hectárea (Anuario-Estadístico, 2014).

El cultivo de papa es una importante fuente de empleos e ingresos económicos a pequeños y medianos agricultores, en áreas rurales del país. Ya que su establecimiento no tiene una alta inversión, se inicia con una buena preparación del suelo, corrección de pH con enmiendas agrícolas y una fertilización balanceada durante el ciclo productivo, además se hace un control químico preventivo de plagas y enfermedades. La fertilización y el control de plagas en general son los que tiene mayor incidencia en los costos de producción, debido que son aplicados en varias etapas fenológicas del cultivo (Santamaría, Montañez, & Sánchez, 2010).

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, & Núñez, 2005). Relacionándose estos factores permiten un buen desarrollo del cultivo y expresar su mayor potencial productivo.

Los componentes que contribuyen al rendimiento en la papa son la altura de planta, número de tallos, número y peso de tubérculos comerciales. El rendimiento de la papa criolla es altamente variable en el total de los tubérculo, en general está entre 50- 477 g por planta y en tubérculos comerciales 71 a 381 g planta (Rojas & Sarmiento, 2014).

El propósito de esta investigación es relacionar los componentes de rendimiento agronómico de diez clones de papa criolla con la producción total en kg y conocer la importancia de cada uno en la producción total del cultivo, también identificar los clones que expresen mayor rendimiento por hectárea.

## 1.2 Problema.

Para el año 2013 en Colombia se produjeron 160.390 toneladas de papa criolla, en un área cosechada de 11.736 hectáreas, con un promedio de producción de 13.7 toneladas. Donde los departamentos de Cundinamarca, Boyacá, Nariño y Antioquia presentan la mayor producción (FEDEPAPA, 2013) y en el Norte de Santander se cultivaron 2.086 hectáreas con una producción de 39.753 toneladas, de las cuales 679 hectáreas fueron ocupadas por papa criolla con una producción de 13.698 toneladas (Anuario-Estadístico, 2014).

La investigación, en materiales genéticos de papa para la región se perdió después de las décadas de los 80 y 90, donde el Programa Nacional de Tuberosas del ICA en convenio con el Centro Internacional de la Papa (CIP) realizaban pruebas regionales que permitieron lanzar dos variedades: la ICA Chitagá y la ICA Mutiscua (Villamizar, 2013).

Esta situación ha llevado a que se presenten pérdidas de características genética, debido que los agricultores utilizan las semillas de propagación de los lotes comerciales. Esta práctica propicia que las variedades presenten susceptibilidad a problemas fitosanitarios como bacterias, hongos, virus y plagas, generando menores rendimientos e incrementos en los costos de producción debido al incremento de fertilizantes, fungicidas e insecticidas. Para competir en el mercado nacional es necesario la evolución de nuevos genotipos para encontrar clones con excelentes rendimientos y de bajos costos de producción.

La dependencia de un solo material genético y los altos costos de producción hacen poco competitivos a los productores de papa de Mutiscua, que no cuentan con la investigación pertinente para seleccionar un clon que se adapte a la región y lograr competir en el nuevo contexto de mercados abiertos, y también incrementar el área de siembra en la región.

### 1.3 Justificación

La papa criolla es de gran importancia económica para el municipio de Mutiscua siendo uno de los principales productores de la región. Este cultivo se caracteriza por ser de pequeños agricultores que introducen a la región variedades de papa sin ningún estudio técnico o científico previo, que demuestre la importancia de estos materiales genéticos. El análisis de rendimiento permite identificar los clones que presentan mayor rendimiento y adaptabilidad a la región.

El trabajo de grado es pertinente, ya que el cultivo de papa criolla, variedad Colombia en el municipio tiene grandes limitantes de tipo agronómico que afectan la producción, permitiéndole al agricultor obtener bajos rendimientos por hectárea. Lo anterior se debe a la utilización de tubérculos-semilla de mala calidad y de variedades traídas del centro del país con escasa resistencia a las principales plagas que afectan al cultivo. Las labores de tipo agronómicas como el manejo y la selección de la semilla no son las adecuadas, porque no proviene de lotes designados a la producción semillas certificadas. A través del desarrollo de la investigación se pretende encontrar clones que tengan un mayor potencial genético para aumentar la producción y el área de siembra de papa criolla en la región, mediante la implementación de nuevas variedades. También dar a conocer las variables agronómicas que influyen directamente en la producción total del cultivo.

Así mismo aportar conocimiento de tipo científico ya que por medio del estudio, la obtención y procesamiento de los resultados, permitan conocer los clones con alto rendimiento para lograr a futuro una variedad propia del departamento con un alto potencial genético en la producción y resistencias de plagas y enfermedades, para que los agricultores mejoren sus ingresos económicos y puedan tener una mejor calidad de vida.

## 1.4 Delimitación

Con el siguiente trabajo se tratará de solventar las deficiencias en el conocimiento que presentan los agricultores sobre nuevos clones de papa criolla en el departamento de Norte de Santander, con el propósito de ampliar los cultivos e incrementar la producción de este importante producto.

El desarrollo de la investigación tendrá un alcance de tipo científico y técnico; de tipo científico al conocer el rendimiento agronómico de diez clones, permitirá tener más facilidad de identificar los clones que mejor se adapten a la zona y de tipo técnico al lograr identificar las variables que influyen directamente en el rendimiento agronómico del cultivo de la papa criolla ayudará a que los agricultores le brinden un mejor manejo a las variedades en la región.

El conocimiento generado sobre la relación de la producción con los componentes de rendimiento, se pretende dar una mejor perspectiva a los productores sobre la importancia que tiene la altura de la planta, el número de hojas, el área foliar y el número de tallo sobre la producción de tubérculos en el cultivo de papa, también que contribuya a un apropiado manejo agronómico en los mismos, así llenar espacios de investigación sobre el rendimiento agronómico en distintas variedades de papa criolla.

Adicionalmente, con el presente estudio se dirige a encontrar nuevos clones de papa criolla que se adapte a las condiciones agroecológicas de Norte de Santander y pueda reemplazar la que se encuentra en desarrollo por los agricultores en la región. Que también permita tener una diversificación de papas en toda la zona fría del departamento, permitiendo al campesino obtener más conocimiento acerca de las variedades de papas existentes en Colombia.

## 1.5 Objetivos

### 1.5.1 Objetivo general.

- Evaluar el rendimiento agronómico de diez clones de papa criolla *Solanum phureja* en el municipio de Mutiscua, Norte de Santander.

### 1.5.2 Objetivos específicos.

- Relacionar componentes de rendimientos primarios y secundarios con la producción de los diez clones en estudio.
- Identificar los materiales con mayor rendimiento de los diez clones de papa criolla.

## Capítulo 2

### 2.1 Marco de referencia

#### 2.1.1 Antecedentes.

Los estudios realizados en papa han determinado variables que influyen directamente en el rendimiento del cultivo. El rendimiento se puede interpretar como la suma del número de tallos, tubérculos y tamaño de éstos por planta y lo determinan el genotipo, el ambiente y la interacción entre éstos (Morales, y otros, 2011).

Según Herreño, 2015 encontró que los clones 3, 5, 6, 9 y 10 presentan rendimientos superiores a la variedad Criolla Colombia que se cultiva en la zona. Estos rendimientos se encuentran entre 22 y 23 toneladas por hectárea, también los clones superan el rendimiento promedio del departamento que se encuentra en 21.5 toneladas por hectárea. Los clones 5 y 6 son los mejores evaluados por los agricultores, por sus buenas características morfoagronómicas.

Para estimar el rendimiento se hace una clasificación según la norma técnica colombiana la cual clasifica por categoría; cero, tubérculos de diámetro mayor a 6 cm, primera, tubérculos entre 4 y 6 cm de diámetro, segunda, tubérculos entre 2 y 4 cm de diámetro y riche menor a 2 cm (Madroño, Rosero, Rodríguez, Navia, & Benavides, 2013).

Otras investigaciones realizadas en torno a la fertilización del cultivo de papa criolla, se enfocan en la evaluación del rendimiento agronómico, en bloques completamente al azar. Partiendo de la clasificación por categorías, se obtuvo como resultado de la producción de tubérculos de categoría cero entre 2,86 y 4,39 t/ha, para categoría primera entre 15,06 y 17,17 t/ha y para categoría segunda entre 6,19 y 9,68 t/ha (Sanabria & Mosquera, 2007).

En este estudio se evaluó la productividad de diez cultivares de papa del grupo *phureja*, en Diseño de Bloques Completos al Azar, con diez tratamientos y tres repeticiones. Se realizó tomando consideraciones que el rendimiento expresado en el peso total de tubérculos, depende de los componentes de rendimiento, tales como altura de planta, número de tallos, número total de tubérculos, número de tubérculos comerciales, peso total de tubérculos, peso de tubérculos comerciales. El rendimiento varió de 5,0 a 11,5 t/ha con una media de 8,6 t/ha. El peso total de tubérculos, el peso de tubérculos comerciales y el número total de tubérculos presentaron diferencias estadísticas significativas entre los clones. Se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas para número de tallos e índice de cosecha (Rojas & Sarmiento, 2014).

Hay estudios donde analizan los componentes de rendimiento de la papa; el peso del tubérculo y el número de tubérculos por planta en cuatro variedades en bloques completos al azar. Donde la correlación de las variedades evaluadas es positiva y alta, la cual indica que los componentes de rendimiento, el tamaño y el número de tubérculos por plantas presentan una correlación muy buena para seleccionar por mayor producción de tubérculos por planta (Pulido, Contreras, & Perea, 2014).

La determinación de área foliar es muy usada en investigación agrícola. Para su cuantificación existen equipos automáticos, pero costosos y de escasa disponibilidad. Para superar estos limitantes, en la investigación se acoplaron el uso de cámaras digitales y un software libre para análisis de imágenes (ImageJ), con el fin de determinar el área foliar en forma simple, precisa y a bajo costo. Estos estudios se obtienen resultados del coeficiente de correlación mayores a 0,99 entre los valores de área real de las piezas de papel y los valores de área estimados por el medidor de área foliar (Rincón, Olarte, & Pérez, 2012).

Otros estudios indican que el área foliar máxima alcanzada durante un ciclo del cultivo de papa entre los 90 días después de la siembra está en un rango de 7.597,50 cm<sup>2</sup> para la criolla Colombia hasta 14.756,03 cm<sup>2</sup> para la criolla Guaneña en parte alta y en localidades baja el rango esta entre 12.028,17 cm<sup>2</sup> para criolla Galeras hasta 20.558,47 cm<sup>2</sup> a 77 días después de la siembra. Momento en el cual la fase de desarrollo de hojas ya había culminado para todos los cultivares evaluados. En localidades alta el comportamiento del área foliar de los cultivares C. Colombia, C. Galeras y C. Latina es muy similar y el valor máximo alcanzado en área foliar es inferior al valor máximo del cultivo C. Guaneña (Santo, 2010).

El componente de rendimiento del tubérculo es evaluado al momento de la cosecha cuando se encuentran en su estado de madurez fisiológica, se clasifica de acuerdo a su categoría después los tubérculos se pesan por unidad experimental para determinar de esta forma la producción en kilogramos correspondiente a cada categoría. La producción total por unidad experimental se calculó como la sumatoria de la producción de las diferentes categorías y, a partir de esta, y de la densidad de plantas por unidad experimental se obtuvo el rendimiento total en términos de toneladas por hectárea para cada variedad (Santo, 2010).

Este estudio demuestra que se ha evaluado el rendimiento de papa criolla variedad “Yema de Huevo” bajo diferentes densidades de siembra. Las variables de rendimiento que fueron evaluadas, son peso y número de los tubérculos de primera, segunda y tercera por metro cuadrado, y peso y número total de tubérculos/m<sup>2</sup>. Los investigadores concluyen que las diferentes densidades evaluadas en el experimento no presentaron diferencias significativas para el número y peso de tubérculos de primera y segunda clase, para las distancia entre surco menor a un metro, se encontraron incrementos significativos en el peso total de tubérculos, se redujo el

tamaño promedio de los mismos, se obtuvo mayor número y peso de tubérculos de tercera clase (Arias, Bustos, & Núñez, 2003).

Hay estudios donde evalúan el comportamiento del crecimiento con el rendimiento agronómico del cultivo de la papa, para determinar el número total de tallos promedio por plantas, el número promedios de hojas por tallo y el área foliar de las hojas. El comportamiento de estas variables analizadas en esta investigación se concluye que tiene una relación estrecha con el rendimiento del cultivo y una influencia directa en la producción alcanzada (Mompie y Martín, 2014).

## 2.2 Marco teórico

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 C. J., 2009).

### 2.2.1 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, *Solanum phureja* y *S. tuberosum* spp. *andigena* y dos especies silvestres *S. andreanum* y *S. 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 basan principalmente en el número de series y especies reconocidas. La clasificación taxonómica es la siguiente:

<b>Reino</b>	Vegetal
<b>División</b>	Angiospermae
<b>Clase</b>	Dicotiledoneae
<b>Subclase</b>	Metacalmidea
<b>Orden</b>	Tubiflorae
<b>Familia</b>	Solanaceae
<b>Subfamilia</b>	Solanoideae
<b>Tribu</b>	Solaneae
<b>Género</b>	Solanum
<b>Subgénero</b>	Papa
<b>Sección</b>	Petota
<b>Subsección</b>	Papa
<b>Serie</b>	Tuberosa
<b>Especie</b>	<i>Solanum phureja</i>

### 2.2.2 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, Ñústez, & Estrada, 2009).

### **2.2.3 Producción de papa criolla en Colombia.**

La papa criolla es producida a nivel nacional en los departamentos de Cundinamarca, Boyacá y Nariño y, en menor proporción, en Antioquia, Santander, Norte de Santander, Cauca y Tolima. La siembra de papa criolla se desarrolla a pequeña escala por los altos riesgos que genera, de una parte, la susceptibilidad del cultivo a las heladas y a problemas fitosanitarios.

El Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, a través de su portal Agronet, para el año 2013 el promedio nacional se situó en 13.7 toneladas/hectárea (ver tabla 1). La papa criolla representa aproximadamente el 6% del área total de papa sembrada en Colombia (Ñústez, 2011).

Tabla 1

*Departamento productores, área cosechada, producción y rendimiento de papa criolla en el año 2013 - Colombia.*

Departamentos	Área Cosechada (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (ton / has)	Participación Producción Nacional	Participación Área Cos. Nacional
Antioquia	1498	18945	12.6	13.71%	14.84%
Boyacá	1850	24645	13.1	17.84%	18.33%
Caldas	4	40	10	0.03%	0.04%
Cauca	345	5217	15.1	3.78%	3.42%
Valle del Cauca	280	4200	15	3.04%	2.77%
Putumayo	16	160	10	0.12%	0.16%
Nariño	810	8714	10.8	6.31%	8.03%
N. Santander	637	13698	21.5	9.92%	6.31%
Santander	251	3385	13.5	2.45%	2.49%
Tolima	81	864	10.7	0.63%	0.80%
Cauca	384	5575	14.5	4.04%	3.81%
Cundinamarca	3141	44921	14.3	32.51%	31.13%
Cundinamarca	1645	22247	13.5	16.10%	16.30%
Chocó	1	12	12	0.01%	0.01%
Meta	1	3	3	0.00%	0.01%
Nariño	792	7764	9.8	5.62%	7.84%
<b>Total</b>	<b>11736</b>	<b>160390</b>	<b>13.7</b>	<b>100.00%</b>	<b>100.00%</b>

Elaborado por AGRONET con base en Evaluaciones Agropecuarias - Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural; citado por (Herreño, 2015).

#### **2.2.4 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).

## **2.2.5 Variedades de papa criolla en Colombia.**

### **2.2.5.1 *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 2.600 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 precocida congelada. No tiene aptitud para frito (Rodríguez, Ñustez, & Estrada, 2009).

### **2.2.5.2 *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 precocida congelada (Ñustez, 2011).

### **2.2.5.3 *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).

### **2.2.5.4 *Criolla Latina.***

Ostenta adaptación entre 2.200 y 2.800 m.s.n.m, tiene un porte de planta medio, con follaje verde ligeramente claro y floración abundante. La producción de tubérculo presenta distribución de tamaños (diámetros entre 2 y 8 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 25 ton/ha. Se cultiva en los departamentos de Antioquia y Nariño (Rodríguez, Ñustez, & Estrada, 2009).

### **2.2.5.5 *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).

## **2.2.6 Manejo agronómico del cultivo.**

### **2.2.6.1 Selección de semilla.**

Esta práctica es muy importante en el cultivo de papa y es una de la más costosa en la producción, pero sin embargo los agricultores han adquirido sus propios métodos para la selección de los tubérculos de semilla. La parte que no se comercializa de los tubérculos se realiza una selección de las mejores, y se guardan en lonas en una bodega durante 20 a 30 días para la propagación de la siguiente siembra.

### **2.2.6.2 Suelos y reparación del terreno.**

El cultivo de papa criolla crece en casi todo los tipos de suelo de clima frio con excepción de suelos alcalinos o salinos. Los suelos naturalmente sueltos favorecen el crecimiento del tubérculo, son los más convenientes para el cultivo, pero los suelos arcillosos o de arena con arcilla y abundante materia orgánica, con buen drenaje y pH de 5,2 a 6,4 son los mejores. La preparación del lote se inicia soltando el suelo en una profundidad de 30 cm, con herramientas de tracción animal o tractor, trazando los surcos en contra de la pendiente para evitar la erosión del suelo y la pérdida de la materia orgánica por acción de la escorrentía.

### **2.2.6.3 Siembra.**

La siembra se realiza cuando los tubérculos están en su total brotación, cuando se haya trazados los surcos y realizado el ahoyado, se introducen a una profundidad de 5 a 10 cm. El tubérculo semilla debe estar libre de enfermedades, tener buenos brotes y pesar de 30 a 40 gramos.

#### **2.2.6.4 Manejo de malezas y aporque.**

Cuando hayan pasado 30 días después de la siembra se realiza un control de malezas de manera manual. Para reducir los costos de producción se realiza al mismo tiempo el aporque. El aporque sirven para que la planta se mantenga vertical y la tierra esté suelta, también impide que las plagas de insectos, como la polilla no llegue a los tubérculos, y contribuye a prevenir el crecimiento de maleza.

#### **2.2.6.5 Fertilización.**

La fertilización en el cultivo de papa se debe realizar basado de un análisis de suelo, bajo la supervisión de un ingeniero agrónomo. Pero como en la mayoría de los casos los agricultores en la región, realizan una fertilización balanceada de nutrientes de la siguiente manera: al inicio se aplica un triple 15, aproximadamente 5 g por sitio, y después de 15 días se aplica la gallinaza aproximadamente 20 g y por ultimo cuando se realiza el aporque se aplica un fertilizante rico en potasio.

#### **2.2.6.6 Riego.**

El suelo debe mantener un contenido de humedad adecuado. Para una cosecha de papa de 120 días se deben aplicar 500 a 700 mm de agua. Por lo general la falta de agua hace disminuir la producción en las etapas de desarrollo y llenado de los tubérculos.

#### **2.2.6.7 Manejo de plagas y enfermedades.**

El manejo de las plagas en el cultivo de papa se realizan con aspersiones químicas en los estados del cultivo, donde se presenta mayor incidencia y el control de las enfermedades se realizan aplicaciones periódicas cada 15 días con Dithane M-45 en dosis de 40g/20L de agua.

### **2.2.7 Ecofisiología de la papa.**

Los requerimientos ambientales para un buen desarrollo del cultivo de papa y una buena expresión del rendimiento agronómico son los siguientes:

El desarrollo del cultivo de papa se da en climas fríos tropicales con temperaturas medias entre 15°C y 18°C tanto en el suelo y el aire. Las temperaturas altas favorecen el desarrollo del follaje pero retardan la tuberización, induciendo la producción de muchos tubérculos de tamaño muy pequeño, la temperatura óptima para la formación de tubérculos está entre 18 °C a 23°C. Las temperaturas entre -2 y -9 °C causan graves problemas a las hojas formando una cristalización en los espacios intercelulares que destruyen los tejidos celulares (Rodríguez, 2010).

El crecimiento de la papa es afectado por las fuertes corrientes de viento, que pueden generar incrementos en la tasa de transpiración, lesiones en hojas y tallos causando retorcimiento y caída de la planta, llegando a causar corte del suministro de nutrientes a órganos aéreos y subterráneos. La radiación en las plantas de papa se encuentra en un rango de 400 y 700 nm; para el desarrollo y formación del tubérculo la radiación debe ser mayor a 400 nm. El fotoperiodo de tiempo corto acelera la tuberización en las plantas de papa, donde el transporte de asimilados así los estolones para la formación de tubérculos es mayor en días cortos (Rodríguez L. , 2010).

La disponibilidad de agua en el suelo no puede ser reducida más del 30% para alcanzar óptimos rendimientos, se realiza una buena aplicación cuando la planta inicia la tuberización hasta que alcance su madurez fisiológica para obtener un alto rendimiento y una buena calidad. La disponibilidad mínima de agua durante los diferentes estadios de desarrollo de la papa reduce el crecimiento, el rendimiento, el número de tubérculos por planta, el tamaño y la calidad de estos (Rodríguez L. , 2010).

La disponibilidad de nutrientes en el suelo debe ser óptima para una buena formación de la planta y alcanzar un rendimiento adecuado no se pueden descartar los siguientes nutrientes N, P, K, Mg, Ca, S, Zn, Mn, B y Cu (Cortez & Hurtado, 2002).

## **2.2.8 Componentes de rendimiento primarios.**

### ***2.2.8.1 Número de tallo por planta.***

Los tallos se originan del tubérculo semilla, pueden ser erectos o decumbentes de forma angular, suculenta 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).

### ***2.2.8.2 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 C. Y., 2009).

### **2.2.8.3 Área foliar.**

El área foliar de una planta está dada por la cantidad de hojas, por el área individual de cada una de ellas y está en relación con el manejo del cultivo. En la variedad Colombia se presenta una área foliar de 7.015,32 cm<sup>2</sup> en zona de 2.720 m.s.n.m (orDePosición1).

## **2.2.9 Componentes de rendimiento secundarios.**

### **2.2.9.1 Altura de la planta.**

La altura de la planta es un componente que se tiene en cuenta en la evaluación del rendimiento agronómico en el cultivo de papa. Un crecimiento excesivo de la planta produce efectos negativos en la producción. Originando una disminución en el número de tubérculos producidos por planta y una altura menor disminuye la producción de hojas que tiene como consecuencia en la planta la producción de tubérculos pequeños. La altura óptima para cultivo de papa está entre los 60 y 70 cm, en zonas altas que predominan sobre los 2.600 m.s.n.m (Sánchez, Ortega, & Camacho, 2008).

### **2.2.9.2 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 (Mompie y Roberqui, 2012).

### **2.2.9.3 Número de mamones o frutos.**

Los frutos son unas bayas de diferente tamaño de color verde, que constituyen pérdida de energía a la planta la cual se puede utilizar en la producción de los tubérculos (Piñeros C. J., 2009).

## **Capítulos 3**

### **3.1 Metodología**

#### **3.1.1 Localización.**

La prueba de evaluación del rendimiento agronómico en diez clones de papa criolla bajo el convenio Corpoica y Universidad de Pamplona se realizó en el municipio de Mutiscua, Norte de Santander, vereda San Agustín, finca Villa Rica, ubicada en una altura de 2.765 m.s.n.m y con una temperatura promedio 14 °C.

Según el análisis de suelo, el lote donde se realizó la siembra de los ensayo presentó una textura franco-arenosa, con un pH de 4.10 (fuerte extremadamente ácido) y un contenido de materia orgánica de 8.57% (medio).

#### **3.1.2 Material vegetal.**

Los clones de papa con los cuales se realizó el experimento, son clones nativos que no pertenecen a la región de Norte de Santander. En la tabla 2 se presentan los el número de registro y los datos de origen de cada material de papa criolla.

Tabla 2

*Registro y origen de colecta de los clones nativos de papa criolla.*

Nombre experimental	Identificación del genotipo (registro)	Origen de cosecha
Testigo (Material convencional)	Variedad Criolla Colombia	Variedad nativa diploide. Selección clonal de la población de morfotipos de tubérculos redondos amarillos colombianos de <i>S. phureja</i> .
Clon 2	15062515	Corregimiento el Encano, Municipio de Pasto, Nariño.
Clon 3	15062596	Municipio de Güicán, Boyacá.
Clon 4	15061989	Corregimiento el Encano, Municipio de Pasto Nariño.
Clon 5	15062586	Municipio de Güicán, Boyacá.
Clon 6	15062591	Municipio de Güicán, Boyacá.
Clon 7	15062589	Municipio de Güicán, Boyacá.
Clon 8	15062026	Corregimiento el Guabio, Municipio de Silvia, Cauca.
Clon 9	15062594	Corregimiento el Encano, Municipio de Pasto Nariño.
Clon 10	15062590	Municipio de Güicán, Boyacá.

### 3.1.3 Diseño experimental.

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones; la unidad experimental se realizó con parcelas de 3.20 metros de ancho y 10 m de largo. La distancia de siembra es de 0.8 m entre surcos y 0.3 m entre plantas. El manejo agronómico de los ensayos se llevó a cabo por el agricultor encargado, con un manejo similar al que se realiza en la localidad.

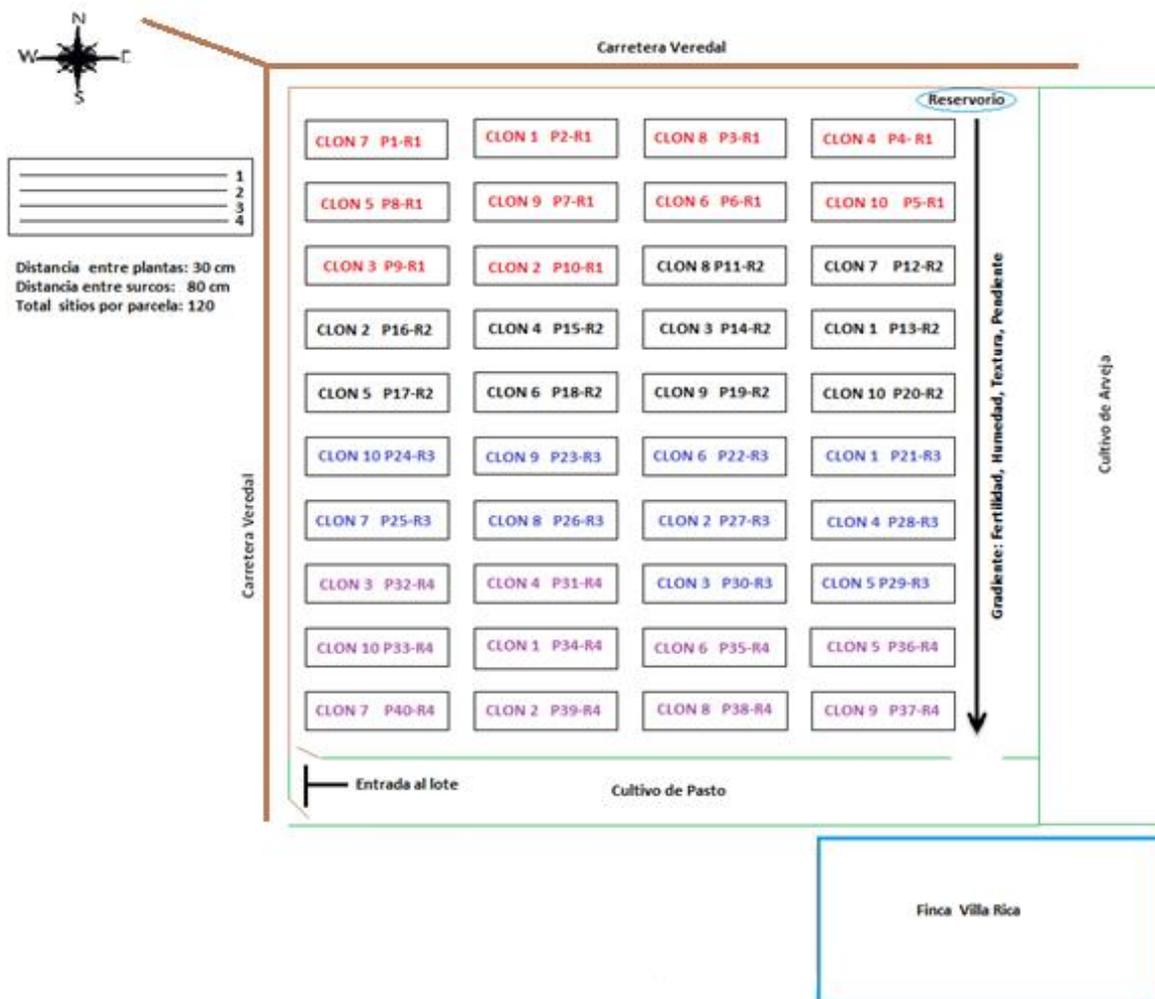


Figura 1: Distribución de la prueba de evaluación de los diez clones de papa criolla.

### 3.1.4 Variables a evaluar.

Los componentes de rendimiento del cultivo de papa se clasifican en primarios y secundarios. Los primarios son los que tienen una influencia directa sobre el rendimiento, como el número de tallo, área foliar y el número de tubérculos. Los componentes secundarios son los que tienen una menor influencia, pero son indispensable en la producción del cultivo como la altura de la planta, el número de hojas y el número de mamones o frutos.

#### **3.1.4.1 Número de tallo por planta.**

Se seleccionaron tres plantas al azar de los surcos centrales de cada repetición y se marcaron con una lana roja. A cada planta se realizó un conteo del número de tallos principales, cuando el cultivo entró al punto de realizar el aporque.

#### **3.1.4.2 Altura de la planta.**

La altura de la planta se registró cuando cada clon presentó un 75% de la floración (Huamán, 2008). Esta medida se realizó desde la base de la planta hasta el foliolo terminal del tallo más largo de cada planta marcada en el diseño experimental.

#### **3.1.4.3 Área foliar.**

Se tomó el área foliar máxima, cuando la plantan alcanzó su óptimo desarrollo de las hojas durante el periodo vegetativo. En las zonas que se encuentran por encima de los 2.500 m.s.n.m se denominan zonas altas y el cultivo alcanza su mayor desarrollo foliar a los 70 días después de la plantación (Mompies, Martin, & Yusnier, 2014). La planta se dividió en tres secciones bajo, medio y alto. De cada sección se seleccionó una hoja y se tomó una fotografía con una cámara digital de 14.1 pixeles a una distancia de 20 cm. Y con una regla se midió el largo de cada hoja seleccionada. Luego se contó el número total hojas de cada estrato de un tallo principal de la planta y por último se contó el número de tallos de cada planta para estimar el área foliar total. Este proceso se realizó para las tres plantas seleccionadas de cada parcela.

La estimación del área foliar se realizó con el programa Imagej. Consistió en subir las fotografías recolectadas en campo, al software y realizar el proceso de estimación del área foliar de cada hoja muestreada, luego se multiplicó el área de cada hoja por el número total de

hojas de cada estrato del tallo evaluado y para hallar el área total de cada planta se multiplicó el área total del tallo por el número de tallos de cada planta.

#### ***3.1.4.4 Número y peso de tubérculos por surcos centrales.***

Estas variables se evaluaron al momento de la cosecha, que se realizó cuando los tubérculos se encontraban en estado de madurez fisiológica, esto es, cuando la piel no se remueve con el contacto manual y los tubérculos se desprenden fácilmente de los estolones. Se clasificaron los tubérculos de acuerdo a su tamaño en las categorías: cero (diámetro mayor a 4 cm), primera (diámetro entre 4 y 6 cm), segunda (diámetro inferior 2 a 4 cm) y riche (diámetro menor a 2 cm) de los surcos centrales. Los tubérculos se contaron y se pesaron por unidad experimental, determinando de esta forma la producción en kilogramos correspondiente a cada una de estas categorías (Santo, 2010). La producción total por unidad experimental se calculó como la sumatoria de la producción de las diferentes categorías y, a partir de esta, y de la densidad de plantas por unidad experimental se obtuvo el rendimiento total en términos de toneladas por hectárea para cada clon.

#### ***3.1.4.5 Número de hojas.***

El número de hojas se tomó cuando los clones presentaron la etapa de la plena floración. Donde se realizó el conteo de las hojas de tres planta de cada unidad experimental.

#### ***3.1.4.6 Número de mamones o fruto.***

El número de mamones o frutos se tomó cuando los clones formaron totalmente sus bayas, después de la floración. Donde se realizó el conteo de los frutos de tres plantas de cada parcela experimental.

### **3.1.5 Análisis estadístico.**

Para comparar el rendimiento de papa de diferentes clones se utilizó la técnica estadísticas ANOVA de un factor de bloques completos al azar. Donde el factor es el clon con 10 niveles, dentro de los 10 niveles hay uno que se tomó como control (testigo). La variable dependiente en este caso, el rendimiento es llevado a toneladas por hectáreas. También se realizó un contraste de hipótesis para el rendimiento total y por categorías, para saber si es igual o hay diferencias significativas entre el rendimiento de los clones. Para las variables de tipo cuantitativo se aplicó estadísticos descriptivos como promedios, desviación estándar, correlaciones y graficas estadísticas. Además se aplicó un modelo de regresión lineal múltiple, para saber la influencia de las variables número de tubérculos, altura de la planta, número de tallos, número de hojas, número de mamones y área foliar sobre el peso de los tubérculos. Estos análisis se realizaron con el software Statistix 10.

## Capítulo 4

### 4.1 Resultados y discusión

#### 4.1.1 Correlación y regresión lineal para el rendimiento de los clones y el testigo.

Para establecer la correlación de las variables independientes (número de tubérculos, área foliar, número de tallos, altura de la planta, número de hojas, número de mamones) con la variable dependiente (rendimiento en peso) se aplicó el coeficiente de correlación de Pearson. Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 3

*Correlación de Pearson, del peso total de tubérculos con los componentes de rendimiento agronómico.*

VARIABLES	Rendimiento	N. tubérculos	A. foliar	N. tallos	A. planta	N. hojas
N. tubérculos	0.7907					
A. foliar	0.7737	0.6979				
N. tallos	0.7587	0.5756	0.7180			
A. planta	0.4383	0.1919	0.4022	0.5836		
N. hojas	0.4109	0.3922	0.6937	0.3447	0.3217	
N. mamones	-0.2615	-0.4375	-0.1892	-0.1808	0.1576	-0.1002

Las correlaciones del rendimiento (peso de los tubérculos de papa criolla) con las variables: número de tubérculos, área foliar, número de tallos, altura de la planta y número de hojas, fueron significativas ( $P < 0,05$ ); mientras que se observó poca correlación entre el rendimiento y el número de mamones.

Las variables que se correlacionan mejor con el rendimiento fueron: el número de tubérculos (79%), área foliar (77%), el número de tallos (75%), altura de la planta (44%) número de hojas (41%). Estas correlaciones fueron positivas; esto significa que a medida que crece la variable independiente crece la variable dependiente. La correlación entre el rendimiento y el número de mamones es baja y negativa (- 24%), esto quiere decir que cuando crece la variable independiente disminuye la variable dependiente.

Los resultados obtenidos en la relación de los componentes de rendimiento con el peso de los tubérculos de papa criolla coinciden con los resultados de Morales y colaboradores (2011), donde encontraron que el número de tubérculos es el componente que más contribuyó en el rendimiento total.

Este trabajo presentó, en las variables de estudio correlaciones similares con los que encontró Betancourth, Portilla & Salas (2008), en la evaluación de nueve genotipos de papa; donde el área foliar se correlacionó con el rendimiento en 0.56 y el número de tubérculos 0.8, respectivamente.

De igual manera, el presente estudio mostró resultados similares a los de Borregos & Fernández (1999), en la correlación de componentes principales del cultivo de papa donde encontraron una correlación positiva, entre el rendimiento y altura de la planta.

Los resultados de Solis y colaboradores (2014) en la evaluación del comportamiento de tres variedades de papa, corresponden a una correlación lineal y significativa en el rendimiento en peso con el número de hojas por planta, lo que está de acuerdo con el presente trabajo.

La tendencia de la nube de datos (ver anexo 1, 2, 3, 4, 5, y 6) indicó una tendencia lineal entre el rendimiento en peso (variable dependientes) con cada una de las variable independiente.

Entonces para mostrar la influencia de estas variables en el rendimiento de la papa criolla se aplicó una regresión lineal múltiple (ver anexo 7). En la regresión corrida con todas las variables independientes, es importante resaltar que los datos disponen de una distribución normal (ver anexo 8) y no presentan problemas de colinialidad; cumpliendo con uno de los supuesto. En general se puede concluir en esta regresión, la variable número de tubérculo fue la que presentó mejor nivel de significancia, pero en conjunto todas la variables evaluadas son significativas ( $P < 0.05$ ). También el coeficiente de determinación ajustado ( $R^2$ ) en este modelo es de 0.75, en consecuencia este conjunto de variables independientes explican el rendimiento de la papa criolla en un 75%.

Para conocer con más precisión cuales de estas variables son importantes en la explicación del rendimiento se aplicó una de las técnicas de selección de los mejores modelos de regresión por subconjuntos (ver anexo 9). El coeficiente de Mallows indica que el conjunto de variables que presente el menor valor, son las que realmente presentan más precisión en predecir el modelo. El conjunto de variables que presentó el menor valor del coeficiente de Mallows (2.7) fueron las variables número de tubérculos, área foliar y número de tallos, esto indica que las tres variables anunciadas permiten predecir con más exactitud el coeficientes de regresión y obtener mejores resultados.

Para el conjunto de las variables que presentaron menor coeficiente de Mallows se aplicó de nuevo la regresión lineal múltiple (ver tabla 4) y se encontró el coeficiente de determinación mayor (0.76) comprobando que las variables número de tubérculos, área foliar número de tallos presentan mejor ajuste en la predicción de los resultados mientras que las demás no presentaron un porcentaje significativo en el efecto del rendimiento.

Tabla 4

*Mínimos cuadrados de la regresión lineal múltiple del rendimiento y sus componentes de la papa criolla.*

Variabes	Coficiente	E. estándar	T	P	VIF
Constante	21.5277	2.28718	9.41	0.0000	0.0
N. tubérculos	8.665E-03	2.186E-03	3.96	0.0003	2.0
A. foliar	4.847E-04	2.919E-04	1.66	0.1055	2.8
N. tallos	1.66988	0.53896	3.10	0.0038	2.1
R <sup>2</sup>	0.7799	Error cuadrático medio (MSE)		6.57382	
R <sup>2</sup> ajustado	0.7615	Desviación estándar		2.56395	
AICC	82.874				
PRESS	310.58				
Fuente	DF	SS	MS	F	P
Regresión	3	838.38	279.461	42.51	0.0000
Residual	36	236.66	6.57382		
Total	39	1075.04			

Regresión entre el peso total de tubérculos y el número de tubérculos, área foliar y número de tallos. (T) Estadístico T. (P) Probabilidad. (VIF) Factor de inflación de la varianza. (R<sup>2</sup>) Coeficiente de determinación. (AICC) Criterio de información de Alcaike corregido. (PRESS) Suma de cuadrados de predicción. (DF) Grados de libertad (SS) Suma de cuadrados. (MS) Cuadrado medio. (F) Estadístico de Fisher.

El modelo de regresión que se seleccionó con las variables número de tubérculos, área foliar y número de tallos, como los principales componentes que influyeron en el peso de los tubérculos se generó la siguiente fórmula:

$$Y = 21.5277 + 0.0086 * (\text{N. tubérculos}) + 0.0005 * (\text{A. foliar}) + 1.6698 * (\text{N. tallos}).$$

Donde Y es el rendimiento en peso de la papa criolla, 21.5 es la constante de la regresión, 0.0086, 0.0005 y 1.6698 son los coeficientes de la regresión.

El coeficiente de regresión indica que por cada unidad de incremento en el número de tubérculos, área foliar y el número de tallos el rendimiento se incrementa en 0.0086 Kg, 0.0005 Kg y en 1.6698 Kg. Por otro lado, el valor del coeficiente de determinación ajustado ( $R^2 = 0.76$ ) indicó que el 76% del rendimiento se explica por el número de tubérculos, área foliar y número tallos, el resto se explica por otras variables, no conocidas.

El número de tallos define en gran parte el rendimiento total del cultivo de papa, porque cada tallo se comporta como una sola planta. Entre más tallos se tenga en un área determinada, se aumenta el número total de tubérculos e incrementa el peso, pero esto se da hasta un cierto punto porque una planta que presente demasiado número de tallos, los tubérculos no crecen por la competencia entre ellos. De igual forma lo ratifica los estudios Torres y colaboradores (2011) que encontraron que la cantidad de tubérculos por planta se incrementó por el aumento del número de tallos.

El cultivo de papa debe desarrollar una suficiente área foliar para una máxima absorción de la radiación solar para la producción de fotoasimilados, que son necesario en el llenado del tubérculo. De igual forma el rendimiento en peso es definido por la cantidad de tubérculos y el tamaño de estos, por lo general entre una mayor área fotosintética activa, la planta tiene más fotoasimilados para distribuirlos en los tubérculos y obtener un mayor tamaño de estos. Así mismo se menciona en el trabajo reportados por García y otros (2005) que encontraron que el rendimiento se incrementa a medida que se hace mayor el área foliar.

Los resultados obtenidos, apoyados con la estrecha relación que se mantuvo entre los valores de correlación y regresión confirman la importancia de los componentes de rendimiento primarios en el cultivo de la papa.

Los estudios realizados por Rojas & Sarmiento (2014) en la correlación y regresión entre el rendimiento y sus componentes, encontraron que el número total de tubérculos incrementa el peso en 14,2 unidades, donde el coeficiente de determinación explica que esta variable determina en un 56,5% el rendimiento total; resultados que se asemejan a los encontrados en el actual trabajo.

### **3.1.2 Análisis del rendimiento en peso de la papa criolla.**

#### **3.1.2.1 Contraste de hipótesis.**

La significancia de la hipótesis se tiene en cuenta el valor P. si el valor P es menor que 0,05 la hipótesis nula de medias iguales se rechaza al nivel de significancia del 5% o cuando este valor es mayor o igual al 0,05 se aprecia la hipótesis nula.

Para encontrar si se observa diferencia en las medias del rendimiento de los clones se aprobó la hipótesis nula frente la hipótesis alternativa siguiente:

$$\begin{cases} H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_{10} & \text{H. Nula} \\ H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \dots \neq \mu_{10} & \text{H. Alterna} \end{cases}$$

El análisis de varianza (ANOVA), se observó (ver Tabla 6) un valor P de 0.65, indicando que no hay diferencias significativas. Esto quiere decir que las medias del rendimiento del testigo y los clones presentan similitud, en este caso aceptando la hipótesis nula, donde el rendimiento del testigo es igual, al rendimiento de los clones (clon 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10) estadísticamente.

Tabla 5

*Análisis de varianza para el rendimiento total del testigo y los clones.*

fuelle	DF	SS	MS	F	P
Clon	9	95.800	10.6444	0.75	0.6575
Error	30	423.222	14.1074		
Total	39	519.022			

Media general: 32.314

CV: 11.62

(DF) Grados de libertad (SS) Suma de cuadrados. (MS) Cuadrado medio. (F) Estadístico de Fisher. (P) Probabilidad. (CV) Coeficiente de variación.

Para comprobar la hipótesis se realizó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey. Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

Tabla 6

*Comparaciones múltiples de Tukey para el rendimiento en toneladas por hectárea de la papa criolla.*

Clones	Medias	Grupos homogéneos
Testigo	34.2	A
9	34.0	A
7	33.5	A
3	32.9	A
2	32.6	A
10	32.1	A
4	32.0	A
5	31.8	A
6	30.8	A
8	28.7	A

La prueba de Tukey se realizó con un alfa ( $\alpha$ ) de 0.05, para el rendimiento total en toneladas por hectárea del testigo y los clones.

El rendimiento de los clones estadísticamente no presenta diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) con el testigo (Criolla Colombia) entre las medias, esto justifica la hipótesis, donde las media del rendimiento se comporta de manera similar. Pero agronómicamente podemos observar que el testigo con el clon 8 presentan diferencias, porque el testigo alcanzo un rendimiento promedio de 34.2 t/ha y el clon 8 de 28.7 t/ha.

En la prueba de normalidad (ver anexo 10) los datos del rendimiento en peso por hectárea se comportan normales, ajustándose de manera significativa a la tendencia de la línea central, por lo general no presentaron valores atípicos y esto indica un alto nivel de confianza para los resultados.

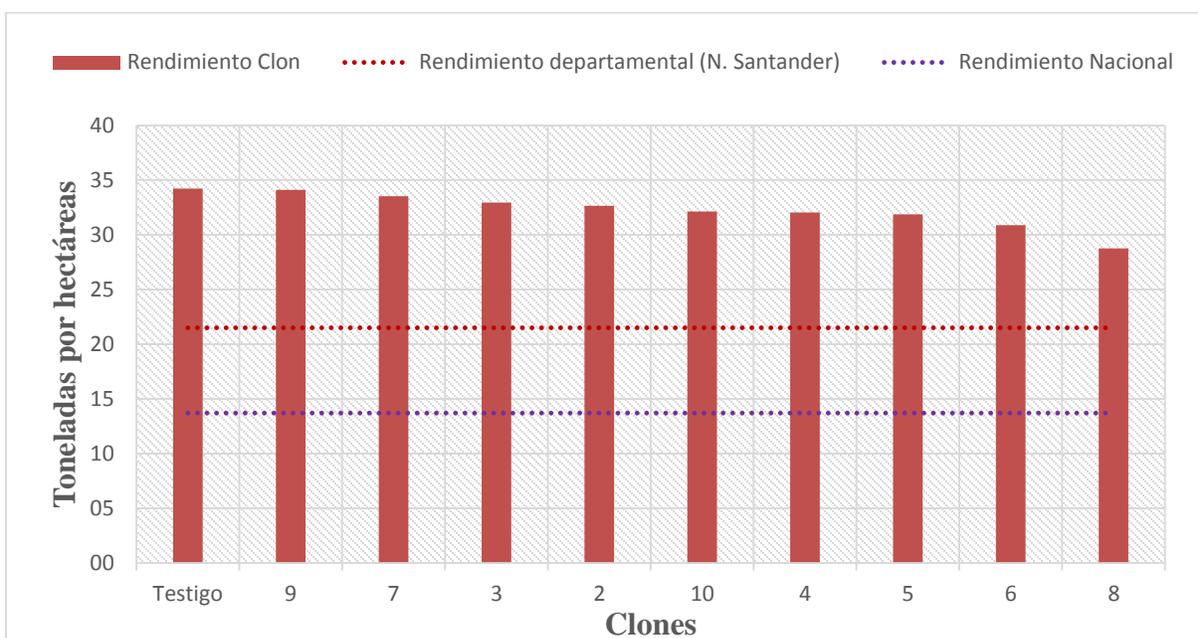


Figura 2: Rendimiento total en toneladas por hectárea del testigo y los clones, comparado con la media nacional y departamental.

En la figura 2 se muestra el rendimiento promedio total (t/ha) para cada uno de los clones y se compara con el rendimiento promedio de nacional y departamental (Norte de Santander). Los clones no presentaron rendimientos superiores al testigo (Criolla Colombia), donde esta variedad alcanzo un rendimiento de 34.2 t/ha. Pero los clones que más se acercaron al rendimiento de Criolla

Colombia son el clon 9 (34.0 t/ha), clon 7 (33.5 t/ha) y el clon 3 (32.9 t/ha). Los demás clones alcanzaron rendimiento por encima de las 30 t/ha, con excepción del clon 8 que presentó 28.7 t/ha.

En conjunto todos los clones presentaron rendimiento muy buenos que superan la media nacional (13.7 t/ha) y departamental (21.5).

El rendimiento del testigo es superior al rendimiento expuestos por Núñez (2011), quien dice que la variedad C. Colombia su potencial de rendimiento en condiciones óptimas es de 15 a 25 t/ha.

De igual manera los rendimientos obtenidos por los clones son similares a los resultados obtenidos por Santos (2010), donde las variedades Criolla Colombia y Criolla Galeras presentaron rendimiento de 30.4 t/ha y 33.5 t/ha. También se encontró similitud con el rendimiento de los clones evaluados por Rodríguez (2014), en las PEAs en la subregión natural Nudo de los Pastos, donde la producción total de tubérculo varió desde 32.81 a 37,43 t/ha.

Estos resultados son diferentes a los de Herreño (2015), donde encontró diferencias significativas entre el rendimiento de los clones y el testigo; entre los nueve materiales, seis presentaron rendimientos superiores al testigo.

### 3.1.3 Rendimiento por tamaño en categorías.

En el análisis de varianza (ANOVA) del rendimiento en toneladas por hectáreas (t/ha) en cada categoría (ver anexo 11, 12 y 13) se encontraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) para la categoría cero (D.  $>6$  cm), segunda (D. entre 2 y 4 cm) y ríche (D.  $< 2$ ), en cambio la categoría primera (D. entre 4 y 6 cm) no presentó diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) entre el rendimiento del testigo de los clones (ver anexo 14).

La prueba de normalidad para el rendimiento de la papa criolla por tamaño en categoría (ver anexo 15, 16, 17 y 18) se comporta normal, ajustándose de manera significativa a la tendencia de la línea central.

Tabla 7

*Comparaciones de Tukey para el rendimiento en toneladas por hectárea de la categoría cero.*

Clones	Media	Grupos homogéneos
8	7.0	A
9	6.1	AB
10	5.4	AB
5	5.0	ABC
6	4.7	ABC
7	4.3	ABC
Testigo	3.9	ABC
2	3.0	BC
4	2.7	BC
3	1.8	C

La prueba de Tukey se realizó con un alfa ( $\alpha$ ) de 0.05. Hay tres grupos (A, B y C) en el que las medias no son significativamente diferentes uno del otro.

En la categoría cero se presentan tres grupos (A, B y C) en el que las medias no son significativamente diferentes uno del otro. Como se observa en la tabla 7 el Grupo A conformado por el Testigo y los clones 5, 6, 7, 8, 9, y 10 presentan media en el rendimiento de 3.9 y 7.0 t/ha, siendo superiores a los clones 2, 3 y 4 que tienen rendimientos promedios 1.8 a 3.0 t/ha. El segundo grupo (B) presentó rendimiento de 2.7 a 6.1 t/ha y lo conforma el testigo junto con los clones 2, 4, 5, 6, 7, 9 y 10, presentando diferencias con los clones 3 y 8 que tienen media en el rendimiento de 1.8 y 7.0 t/ha y el grupo "C" lo constituyen los clones 2, 3, 4, 5, 6, y el testigo que tienen rendimiento de 1.8 y 5.0 t/ha, siendo inferiores al rendimiento de los clones 8, 9 y 10 que presentaron media de 5.4 a 7 t/ha.

Tabla 8

*Comparaciones de Tukey para el rendimiento en toneladas por hectárea de la categoría primera.*

Clon	Media	Grupo homogéneos
7	10.9	A
8	10.6	A
2	10.5	A
9	10.4	A
5	9.6	A
6	9.2	A
3	8.0	A
Testigo	7.8	A
10	7.0	A
4	5.7	A

La prueba de Tukey se realizó con un alfa ( $\alpha$ ) de 0.05. No hay diferencias significativas por parejas entre las medias de la categoría primera.

Como se observa en la tabla 8 la producción de la categoría primera varía entre 5.7 y 10.9 t/ha, según la prueba de Tukey el rendimiento del testigo es muy similar con la producción de los clones. Los clones que presentan mayor producción de primera superando el testigo son el clon 2, 3, 5, 6, 7, 8 y 9, con rendimiento de 8.0 a 10.9 t/ha.

Tabla 9

*Comparaciones de Tukey para el rendimiento en toneladas por hectárea para la categoría segunda.*

Clon	Media	Grupos homogéneos
4	19.2	A
Testigo	18.5	A
3	18.4	A
2	15.2	AB
10	14.8	AB
9	14.7	AB
7	14.6	AB
5	14.4	AB
6	13.6	AB
8	8.7	B

La prueba de Tukey se realizó con un alfa ( $\alpha$ ) de 0.05. Hay dos grupos (A y B) en que las medias no son significativamente diferentes uno del otro.

La categoría segunda hay dos grupos (A y B) en que las medias no son significativamente diferentes uno del otro. El grupo A presentó promedios de rendimiento de 13.6 a 19.2 t/ha y lo conforman el testigo y los clones 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9 y 10, que son diferente al clon 8 que presento un rendimiento de 8.7 t/ha.

Tabla 10

*Comparaciones de Tukey para el rendimiento en toneladas por hectárea para la categoría riche.*

Clon	Media	Grupos homogéneos
10	4.8	A
3	4.6	AB
4	4.2	AB
Testigo	3.8	AB
2	3.8	AB
7	3.6	AB
6	3.2	AB
5	2.8	AB
9	2.7	AB
8	2.3	B

La prueba de Tukey se realizó con un alfa ( $\alpha$ ) de 0.05. Hay dos grupos (A y B) en que las medias no son significativamente diferentes uno del otro.

En la categoría riche hay 2 grupos (A y B) en el que las medias no son significativamente diferentes uno del otro (ver tabla 10), para el grupo el clon 8 es diferente al testigo y los clones 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9 y 10 que presentaron rendimiento promedio de 2.7 a 8.0 t/ha y el segundo grupo (B) el clon 10 es diferente al testigo y los clones 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 que presentaron rendimiento menores entre 2.4 y 4.6 t/ha.

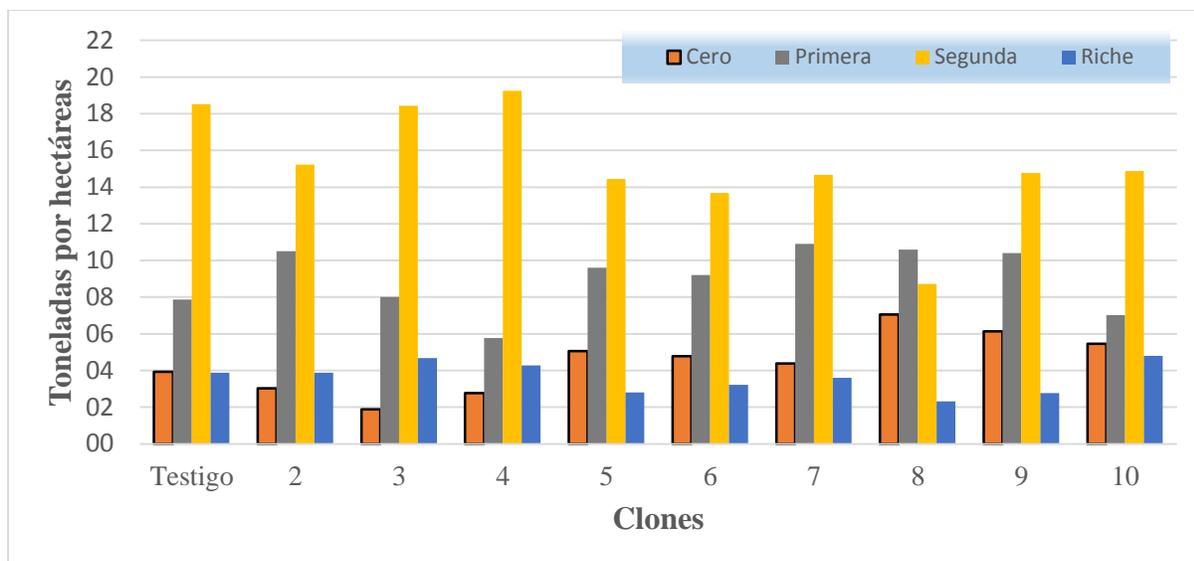


Figura 3: Rendimiento por categorías en toneladas por hectárea del testigo y los clones.

Como se observa en la figura tres 3 en la categoría cero la producción del testigo es inferior al rendimiento de los clones 5, 6, 8, 9 y 10 que presentaron rendimiento promedios de 4.7 a 7.0 t/ha. En la categoría primera, el clon que presento mayor rendimiento fue el 7 con 10.9 t/ha y los que superaron al testigo, son los clones 2, 3, 5, 6, 7, 8 y 9. La categoría segunda fue la que contribuyo más en el rendimiento, donde el clon 4 presento una superioridad al testigo y a los demás clones evaluados con rendimientos de 19.2 t/ha y en la categoría riche el clon 10, 4 y 3 presentaron superioridad en rendimiento respecto al testigo.

Los resultados del rendimiento por categoría de la papa criolla coinciden con los resultados de Santos (2010) quien evaluó cinco variedades de papa criolla en dos climas diferentes (2.859 m.s.n.m y 2.572 m.s.n.m), donde encontró diferencias significativas en la categoría Cero y en la categoría primera no se presentaron diferencias significativas en el rendimiento la variedad Criolla Guaneña.

En el trabajo Sanabria y colaboradores (2007) en la evaluación del efecto de la aplicación edáfica de diferentes niveles de fósforo y potasio sobre el rendimiento de tubérculos de la papa criolla encontraron rendimientos similares para la categoría cero (2,86 y 4,39 t/ha y primeras (15,06 y 17,17 t/ha.

Los resultados obtenidos en el rendimiento por categoría presentan similitud con el de (Herreño, 2015) que encontró en la categoría segunda es la que mayor producción presenta para todos los clones, también mostro que el clon 8 es un material que produce mayor peso de tubérculos de categoría R0.

## 4.2 Conclusiones

Los componentes de rendimiento más relevantes, para este estudio, son el número de tubérculos, área foliar y el número de tallos que lo explican en un 76%.

En esta prueba los clones evaluados no superaron en rendimiento a la variedad Criolla Colombia (testigo), aunque todos superaron el promedio nacional y departamental.

En el análisis por categoría se observó diferencias significativas en los tamaños de cero, segunda y riche. Siendo superior al rendimiento del testigo la mayoría de los clones para la categoría cero y primera.

En relación con la distribución de la producción por categorías, se destaca la papa de categoría segunda (diámetro de 2 a 4 cm), la cual aporta la mayor producción en cada clon.

### **4.3 Recomendaciones**

Continuar con los trabajos a nivel de campo para consolidar los datos sobre el comportamiento de estos materiales en un mayor laxo de tiempo.

Mejorar el entrenamiento de los estudiantes y docentes a nivel de campo para hacer estudios interdisciplinarios en la cadena productiva de la papa.

## 4.4 Bibliografía

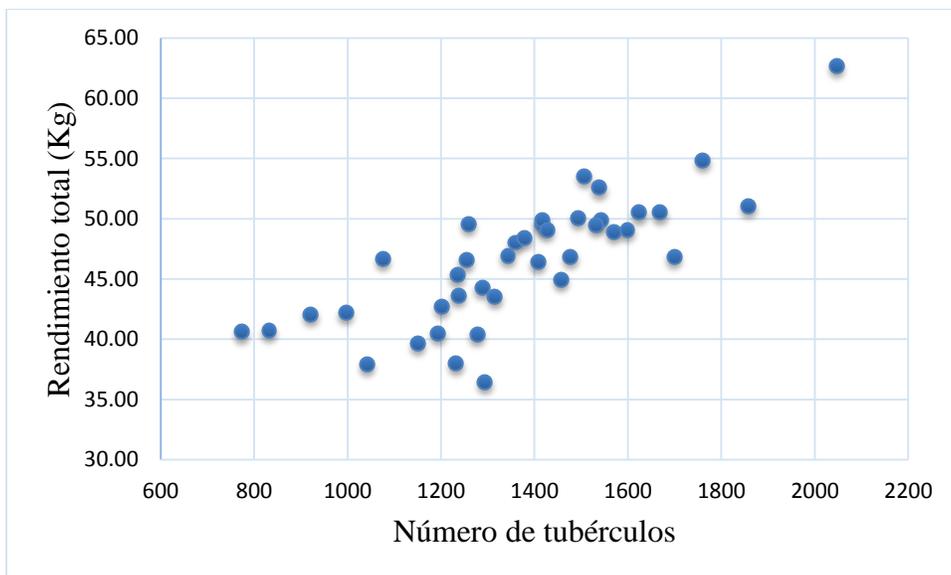
- Anuario-Estadístico. (2014). *Sector Aropecuario- Departameto, Norte de Santander*. San José de Cúcuta.
- Arias, V., Bustos, P., & Nústez, C. (2003). Evaluación del rendimiento en papa criolla (*Solanum phureja*) variedad "yema de huevo", bajo diferentes densidades de siembra en la Sabana de Bogotá. *Agronomía Colombiana*, 152-161.
- Betancourth, C., Portilla, E., & Salas, H. (2008). Evaluación de la reacción de nueve genotipos de papa (*Solanum tuberosum* subsp. *andigena*) al ataque de *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary. *Agronomía Colombiana*, 411- 416.
- Borrego, F. f. (1999). Correlación y componentes principales de variación en variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.). *Rev. Agronomía mesoamericana*, Pp. 01-06.
- Bouzo, C. (2008). *El Cultivo de la Papa en Argentina* . Buenos Aires: Universidad Nacional del Litoral.
- Cortez, M., & Hurtado, G. (2002). *Guía técnica; Cultivo de la papa*. Nariño.
- Escallón, R., Ramírez, M., & Nústez, C. (2005). Evaluacion 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.
- Espinal, C., & Martínez, H. (2005). *La cadena de la Papa en Colombia* (Vol. 54). Bogotá, Cundinamarca, Colombia : Ibid.
- FAO. (17 de diciembre de 2014). *División estadística*. Obtenido de División estadística: <http://faostat.fao.org/sit-e/56-7/DesktopDefault.aspx-?PageID=567#ANCOR>
- FEDEPAPA. (30 de Diciembre de 2013). "ser buena papa" un compromiso de todos. (S. María, Ed.) *Revista Papa*, II(30), 10-13.
- García, A., Escalante, A., Zak, F., Chávez, T., & Engleman, M. (2005). Área foliar, tasa de asimilación neta, rendimiento y densidad de población en girasol. *Tierra latiniamericana*, pp. 303-310.
- Herreño, E. (2015). Evaluación de las características morfoagronómicas y de la producción de nueve clones nativo de papa criolla (*Solanum phureja* Juz et Buck L.) en el municipio de Mustiscua, Norte de Santander. *Univeridad de pamplona, tesis de pregrado*, 60 - 70.

- Huamán, z. (2008). *Descriptores morfológicos de la planta*. Producciones Gráficas S.I.
- Madroño, I., Rosero, E., Rodríguez, L., Navia, F., & Benavides, C. (05 de Diciembre de 2013). Caracterización morfoagronómica de genotipos promisorios de Papa Criolla (*Solanum tuberosum* L grupo andigenum) en Nariño. *Rev. Temas Agrarios, Vol. 18*, 50-56.
- 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.
- 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.
- Morales, D., Mora, R., Rodriguez, J. E., Salinas, Y., Colinas, T., & Saldaña, H. (2011). Desarrollo y rendimiento de papa en respuesta a la siembra de semilla–tubérculo inmadura. *Rev. Chapingo Ser.Hortic*, 67-75.
- Moreno, j., & Carvajal, H. (2009). *Manejoj integrado del cultivo de la papa*. Bogotá: Productos editoriales y audiovisuales.
- Ñustez, C. E. (2011). *Variedades colombianas de papa*. Bogota: ISBN 978-958-761-100-7. 48 p.
- Piñeros, C. J. (2009). *Recopilación de la investigación del sistemas productivo de papa criolla*. Bogotá: copyright.
- Piñeros, C. Y. (2009). *Recopilación de la invetigación del sistema productivo papa criolla*. Bogotá, Cundinamarca, Colombia: Fedepapa.
- Pulido, M., Contreras, G., & Perea, M. (Marzo de 2014). estudios de los componentes de rendimiento: tamaño del tubérculo y número de tubérculos por plantas en cuatro variedades de papa andina (*Solanum tuberosum* ssp. andígena). *Biología en Agronomía*, 4(1), 7-16.
- Rincón, N., Olarte, M., & Pérez, J. C. (2012). Determinación del Área Foliar en Fotografías Tomadas con una Cámara Web, un Teléfono Celular o una Cámara Semiprofesional. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 14-22.
- Rodríguez, L. (2010). Ecofisiología del cultivo de la papa *Solanum tuberosum*. *Rev. Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 4(1), 97-108.

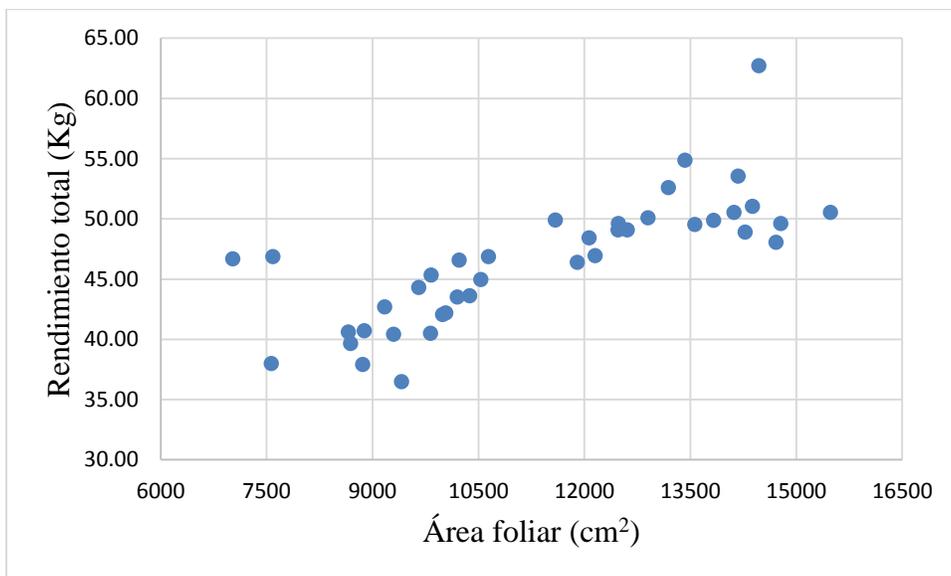
- Rodríguez, O., Rodríguez, L., & Cotes, J. (2013). Caracterización morfo agronómica de híbridos provenientes del cruzamiento entre especies diploides de papa. *Rev. facultad de ciencias básicas* , pp. 54-57.
- Rodríguez, L., Ñustez, C., & Estrada, N. (2009). Criolla Latina, Criolla Paisa y Criolla Colombia, nuevos cultivares de papa criolla para el departamento de Antioquia (Colombia). *Agronomía Colombiana*, 89-303.
- Rojas, L., & Sarmiento, J. (2014). Productividad de diez cultivares promisorios de papa chaucha (*Solanum tuberosum*, grupo Phureja) de la región Cajamarca. *Scientia Agropecuaria*, 165-175.
- Sanabria, B., & Mosquera, N. L. (2007). Efecto de niveles de fósforo y potasio sobre el rendimiento del cultivar ‘Criolla Guaneña’ en el departamento de Nariño. *Rev. Latinoamericana de la Papa*, 14(1), 56-60.
- Sánchez, E., Ortega, M., & Camacho, M. (2008). Crecimiento de plantas de papa (*Solanum tuberosum* L.) cv. ALPHA, inducidos por diversas soluciones salinas. *Interciencia*, 643-650.
- 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. .
- Torres, S., Cabrera, J. L., Oros, H., Díaz, Y., & García, E. (2012). El número de tallos por plantón afecta el crecimiento y rendimiento de la papa variedad Cal White. *Centro Agrícola*, pp. 11-16.
- Villamizar, C. (2013). *La producción de papa en el Norte de Santander: situación actual y perspectivas*. Pamplona: En curso de actualización en nutrición y manejo integrado del cultivo de la papa.

## 4.5 Anexos

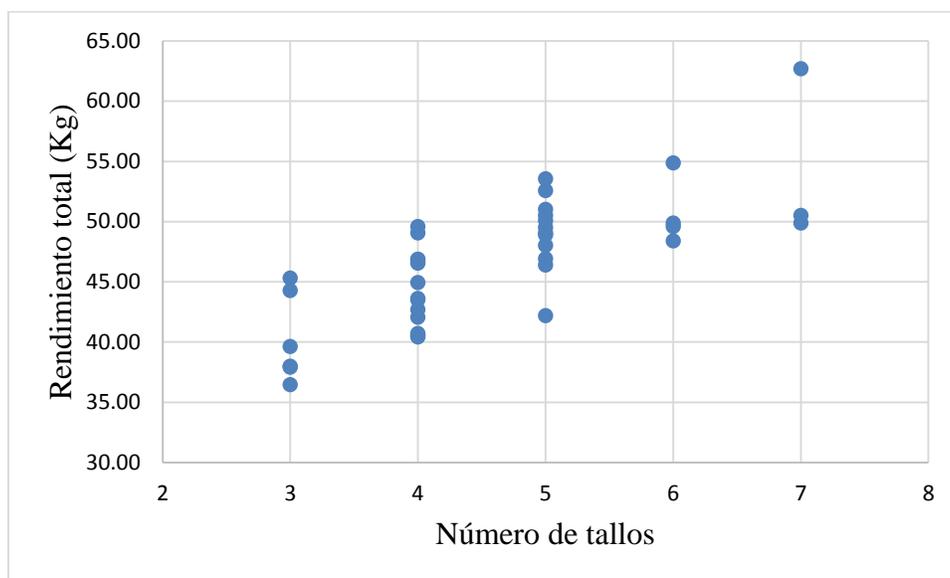
Anexo 1. Grafica de dispersión del rendimiento en peso de la papa criolla con el número de tubérculos.



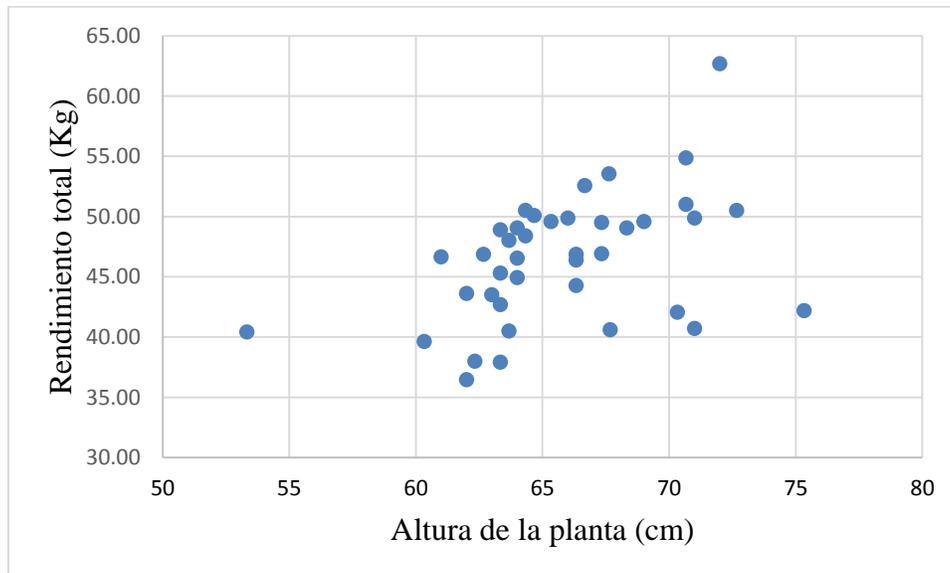
Anexo 2. Grafica de dispersión del rendimiento en peso de la papa criolla con el área foliar.



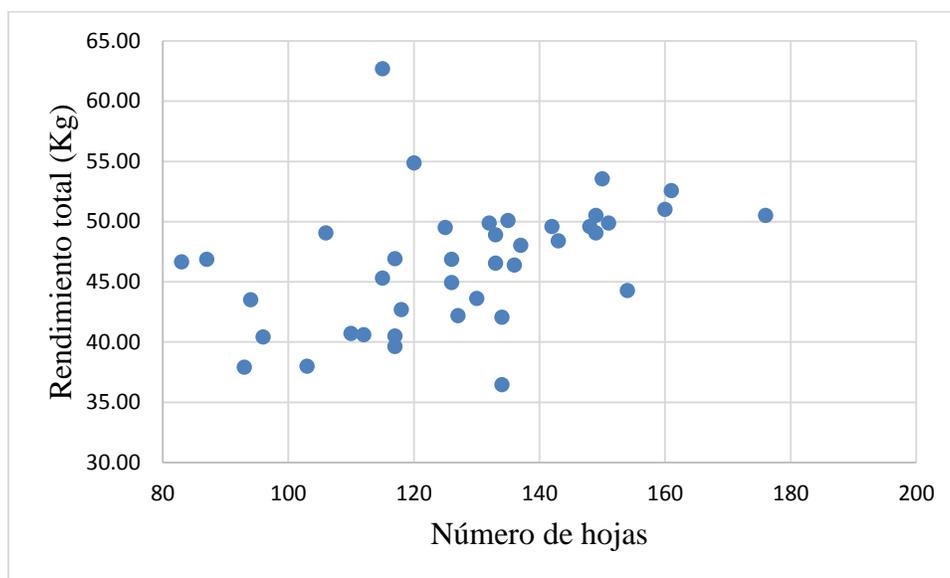
Anexo 3. Grafica de dispersión del rendimiento en peso de la papa criolla con el número de tallos.



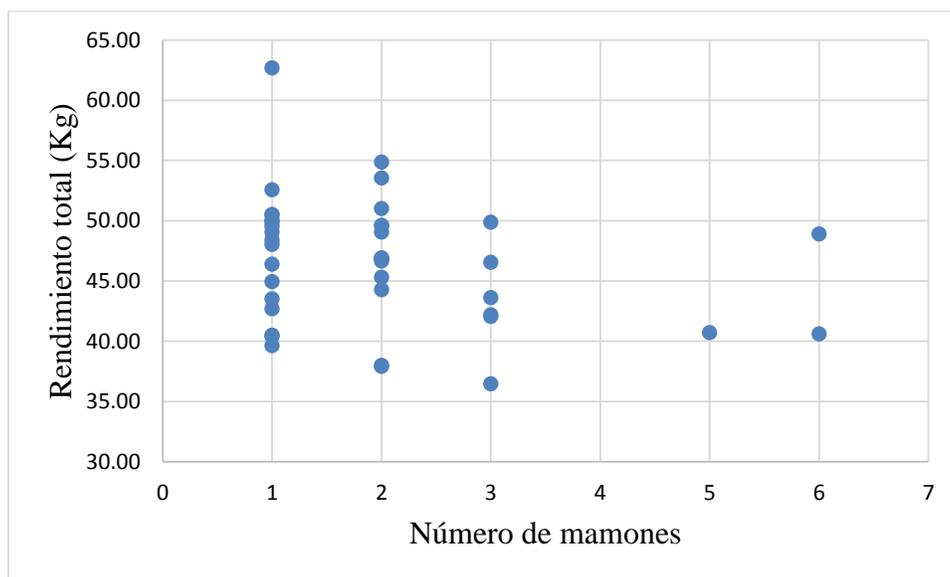
Anexo 4. Grafica de dispersión del rendimiento en peso de la papa criolla con la altura de la planta.



Anexo 5. Grafica de dispersión de los datos del rendimiento en peso de la papa criolla con el número de hojas.



Anexo 6. Grafica de dispersión del rendimiento en peso de la papa criolla con el número de mamones.

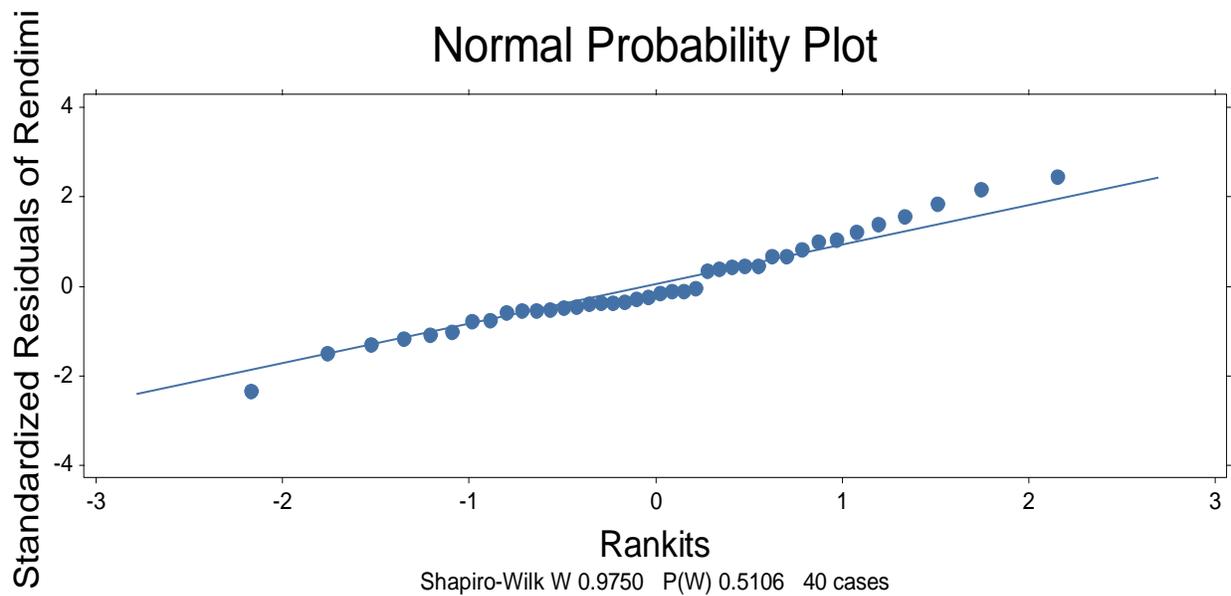


Anexo 7. Tabla mínimos cuadrados de la regresión lineal múltiple del rendimiento total en Kg de la papa criolla con todas las variables independientes.

Variabes	Coficiente	E. estándar	T	P	VIF
Constante	14.2428	7.92472	1.80	0.0815	0.0
N. tubérculos	9.180E-03	2.500E-03	3.67	0.0008	2.5
A. foliar	6.640E-04	4.048E-04	1.64	0.1104	5.1
N. tallos	1.18301	0.68355	1.73	0.0928	3.3
A. planta	0.14718	0.13903	1.06	0.2975	1.8
N. hojas	-0.02381	0.02971	-0.80	0.4287	2.3
N. mamones	0.06025	0.38435	0.16	0.8764	1.4
R <sup>2</sup>	0.790	E. estándar de la estimación (MSE) 6.82419			
R <sup>2</sup> ajustado	0.7524	Desviación estándar		2.61231	
AICC	89.769				
PRESS	342.12				
Análisis de varianza					
Fuente	DF	SS	MS	F	P
Regresión	6	849.84	141.641	20.76	0.0000
Residual	33	225.20	6.82419		
Total	39	1075.04			

(T) Estadístico T. (P) Probabilidad. (VIF) Factor de inflación de la varianza. (R<sup>2</sup>) Coeficiente de determinación. (AICC) Criterio de información de Alcaike corregido. (PRESS) Suma de cuadrados de predicción. (DF) Grados de libertad (SS) Suma de cuadrados. (MS) Cuadrado medio. (F) Estadístico de Fisher.

Anexo 8. Supuesto de normalidad de los datos de rendimiento ( $\text{kg}/18 \text{ m}^2$ ) para la regresión lineal múltiple con las variables número de tubérculos, área foliar, número de tallos, altura de la planta, número de hojas y número de mamones.

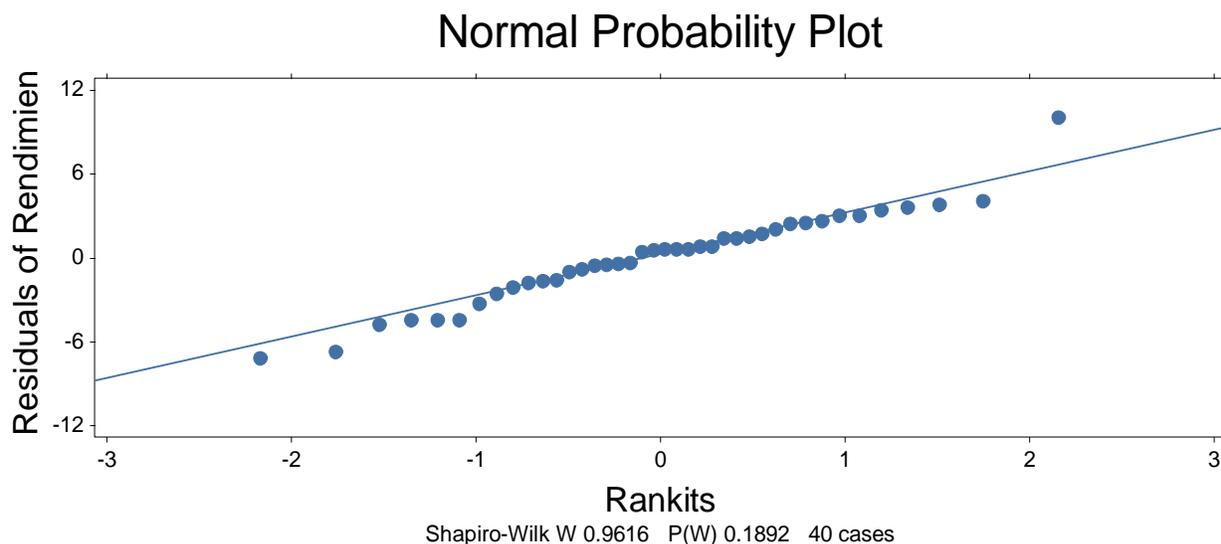


Anexo 9. Tabla Mejores modelos de regresión de subconjuntos para el rendimiento de la papa criolla y las independientes.

P	Coefficiente	R <sup>2</sup>	Criterios	residuales	Modelos
	Mallows (Cp)	Ajustado	AICC	SCR	de variables
1	119.5	0.0000	53.10	1075.04	Intersección
2	23.0	0.6154	16.19	402.902	A
2	27.2	0.5880	18.93	431.562	B
2	30.9	0.5644	21.16	456.299	C
3	3.3	0.7502	0.33	254.786	A C
3	9.9	0.7061	6.83	299.764	A B
3	11.6	0.6948	8.34	311.247	A D
4	<b>2.7</b>	<b>0.7615</b>	<b>0.00</b>	<b>236.658</b>	<b>A B C</b>
4	4.0	0.7521	1.54	245.963	A C D
	4.8	0.7469	2.37	251.121	A C F
5	3.7	0.7616	1.63	229.974	A B C D
5	4.3	0.7571	2.39	234.329	A B C E
5	4.4	0.7564	2.50	235.025	A B C F
6	5.0	0.7595	3.78	225.366	A B C D E
6	5.6	0.7550	4.52	229.579	A B C D F
6	6.1	0.7516	5.09	232.846	A B C E F
7	7.0	0.7524	6.90	225.198	A B C D E F

VARIABLES INDEPENDIENTES: (A) N. TUBÉRCULOS (B) A. FOLIAR (C) N. TALLOS (D) A. PLANTA (E) N. HOJAS (F) N. MAMONES. LAS VARIABLES A B C SON LAS QUE MEJORES SE AJUSTAN AL MODELO DE REGRESIÓN.

Anexo 10. Supuesto de normalidad del rendimiento en toneladas por hectárea de la papa criolla.



Anexo 11. Análisis de varianza para el rendimiento en categoría cero del testigo y clones.

Fuente	DF	SS	MS	F	P
Clon	9	91.631	10.1812	4.95	0.0004
Error	30	61.705	2.0568		
Total	39	153.336			
Media general	4.4400	CV	32.30		

Anexo 12. Análisis de varianza para el rendimiento en categoría primera del testigo y clones.

Fuente	DF	SS	MS	F	P
Clon	9	109.381	12.1535	1.75	0.1202
Error	30	208.063	6.9354		
Total	39	317.444			
Media general	8.9875	CV	29.30		

Anexo 13. Análisis de varianza para el rendimiento en categoría segunda del testigo y clones.

Fuente	DF	SS	MS	F	P
Clon	9	332.796	36.9773	4.26	0.0012
Error	30	260.260	8.6753		
Total	39	593.056			
Media general	15.260	CV	19.30		

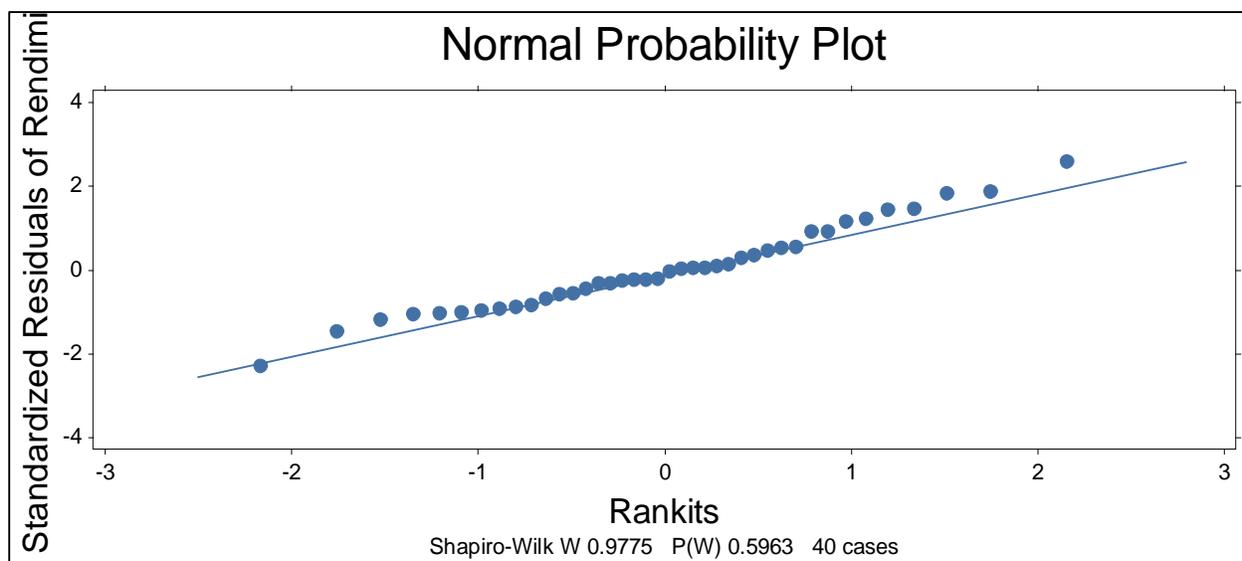
Anexo 14. Análisis de varianza para el rendimiento en categoría riche del testigo y clones.

fuelle	DF	SS	MS	F	P
Clon	9	25.1372	2.79303	2.66	0.0214
Error	30	31.5325	1.05108		
Total	39	56.6697			

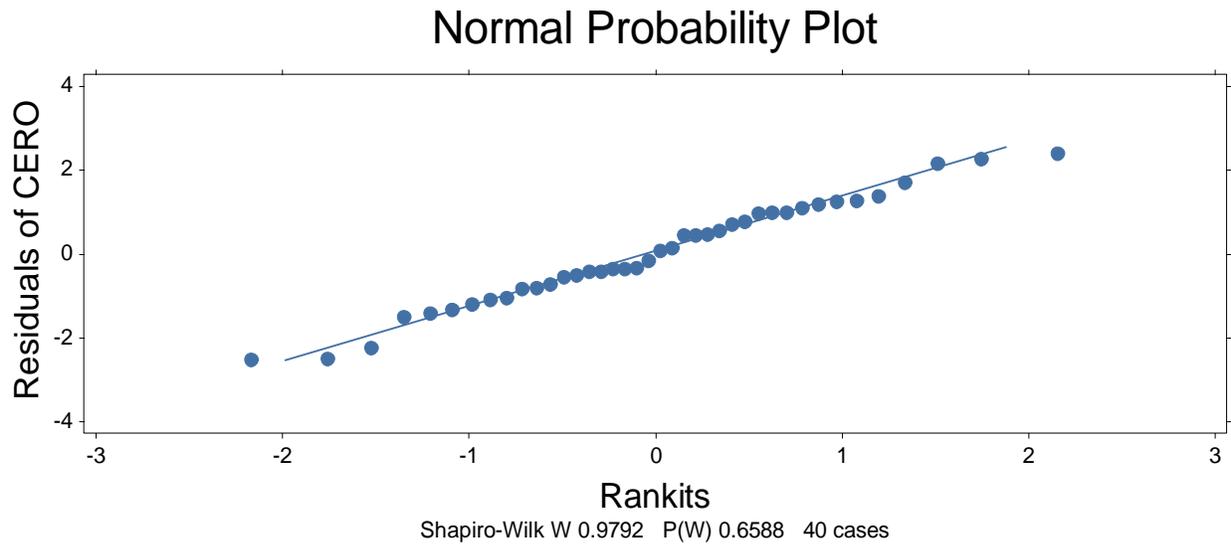
Media general 3.6225 CV 28.30

(DF) Grados de libertad (SS) Suma de cuadrados. (MS) Cuadrado medio. (F) Estadístico de Fisher. (P) Probabilidad. (CV) Coeficiente de variación.

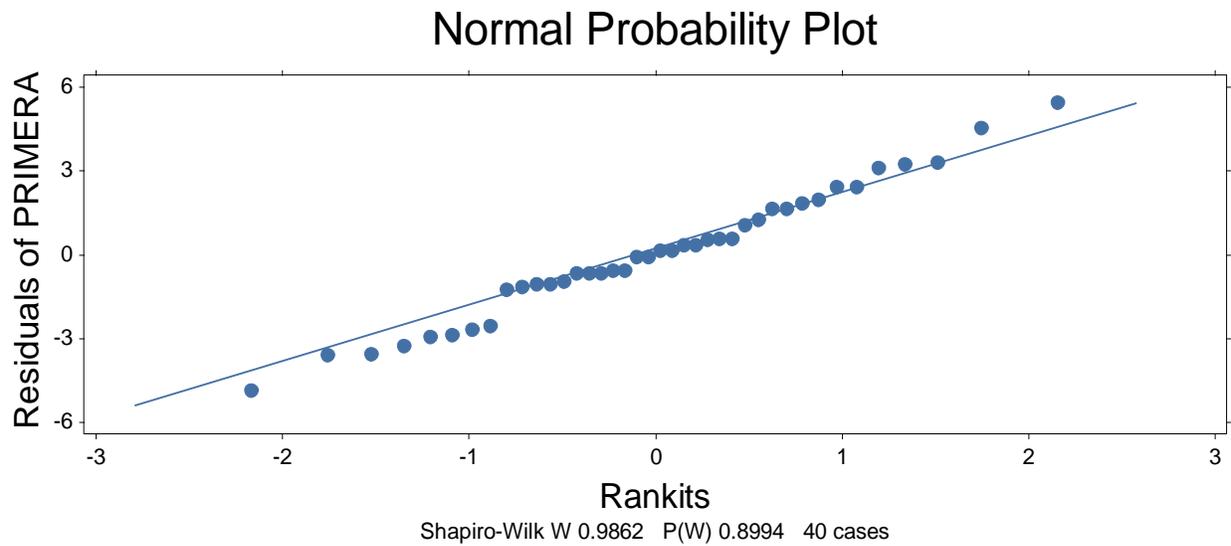
Anexo 15. Supuesto de normalidad de los datos de rendimiento ( $\text{Kg}/18 \text{ M}^2$ ) para la regresión lineal con las variables número de tubérculos, área foliar y número de tallos.



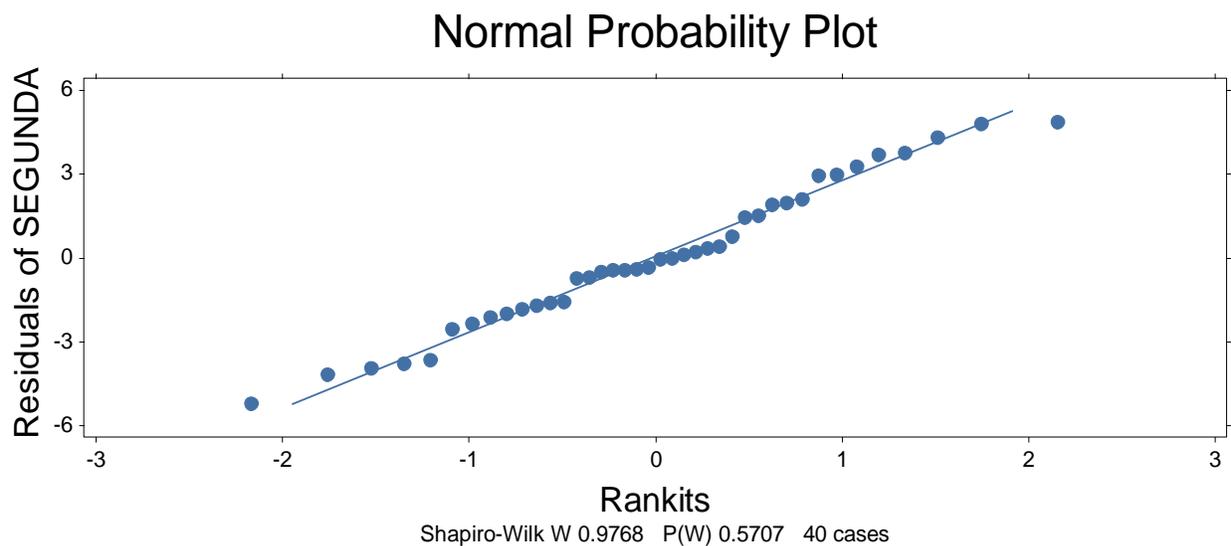
Anexo 16. Supuesto de normalidad para la categoría cero.



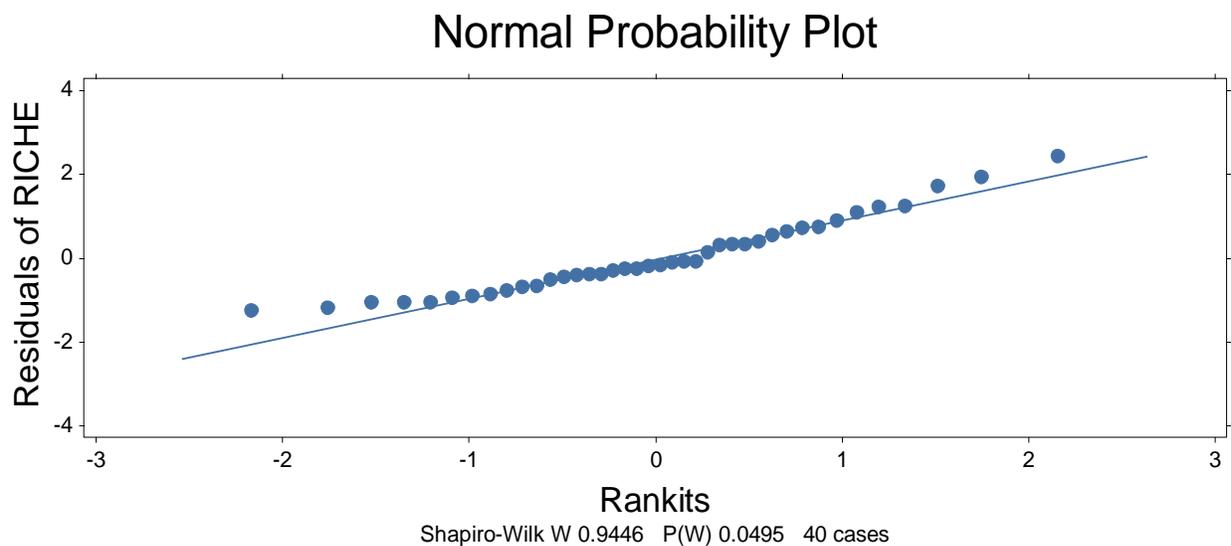
Anexo 17. Supuesto de normalidad para la categoría Primera.



Anexo 18. Supuesto de normalidad para la categoría segunda.



Anexo 19. Supuesto de normalidad para la categoría riche.

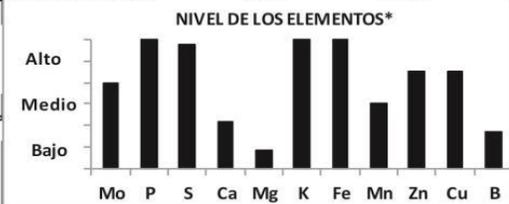


Anexo 20. Media de los componentes de rendimiento agronómico del testigo y los clones de papa criolla.

Clon	Número de tubérculos	Área foliar (cm <sup>2</sup> )	Número de tallos	Altura de la planta	Número de hojas	Número de mamones
Testigo	1388	10421.76	6	63.9	114	2
2	1469	13443.27	5	61.2	135	2
3	1493	11310.84	5	66.9	134	1
4	1516	11553.13	4	64.7	138	1
5	1312	11439.83	5	66.5	132	1
6	1323	10916.48	5	64.2	130	2
7	1457	11501.07	5	66.7	102	1
8	880	9393.09	5	71.1	120	4
9	1377	11489.61	4	65.8	129	2
10	1457	12288.83	5	66.6	138	1

## Anexo 21. Resultados del Análisis de suelo.

	<b>VINCULACIÓN DE CONOCIMIENTO Y TECNOLOGÍA</b>	Código: VC F 115				
		Versión: 1				
<b>REPORTE DE RESULTADOS LABORATORIO DE SERVICIOS</b>		Fecha de vigencia: (18-11-2013)				
<b>LABORATORIO DE QUÍMICA DE SUELOS, AGUAS Y PLANTAS</b>		<table border="1"> <tr> <td># DE SOLICITUD</td> <td>CODIGO DE LABORATORIO</td> </tr> <tr> <td><b>1096</b></td> <td><b>S14-17439</b></td> </tr> </table>	# DE SOLICITUD	CODIGO DE LABORATORIO	<b>1096</b>	<b>S14-17439</b>
# DE SOLICITUD	CODIGO DE LABORATORIO					
<b>1096</b>	<b>S14-17439</b>					
<b>1. Información del cliente</b> Nombre y Apellido: MARIA DEL SOCORRO CERON Cédula o NIT: NO INDICA Dirección: C.I. TIBAITATÁ Dpto: NORTE SANTANDER Municipio: MUTISCUA Tel. fijo/Celular: 4227300 EXT1461 Tipo de análisis: COMPLETO		 				
<b>2. Información de la muestra</b> Identificación: VILLA RICA Vereda: SAN AGUSTIN Finca: VILLA RICA Altura: 2700 Cultivo: PAPA CRIOLLA Estado: POR ESTABLECER Fecha de recepción: 2014-12-10 Fecha(s) de análisis: 2014-12-26 Fecha de reporte: 2015-01-08						
		<b>Yeni Rodriguez Giraldo. (E6968)</b> Lider Unidad de Laboratorio de Suelos				
DETERMINACION ANALÍTICA	UNIDAD	MÉTODO	VALOR*	INTERPRETACIÓN*		
Textura al tacto		Organoléptico	FA	Franco-Arenoso		
pH		Potenciométrico	4,10	FUERTE A EXTREMADAMENTE ACIDO		
Conductividad eléctrica	dS/m	Conductivimetro suelo:agua 1:5	1,02	NO SALINO		
Materia orgánica (MO)	%	Walkey & Black	8,57	MEDIO		
Fósforo disponible (P) Bray II	mg/kg	Bray II	71,50	ALTO		
Azufre disponible (S)	mg/kg	Fosfato monobasico de calcio	28,11	ALTO		
Acidez intercambiable (Al+H)	cmol <sub>(+)</sub> /kg	KCl	6,18			
Aluminio intercambiable (Al)	cmol <sub>(+)</sub> /kg	KCl	5,14	RESTRICTIVO		
Calcio intercambiable (Ca)	cmol <sub>(+)</sub> /kg	Acetato de amonio 1N pH 7,0	3,14	MEDIO		
Magnesio Intercambiable (Mg)	cmol <sub>(+)</sub> /kg	Acetato de amonio 1N pH 7,0	0,51	BAJO		
Potasio intercambiable (K)	cmol <sub>(+)</sub> /kg	Acetato de amonio 1N pH 7,0	0,60	ALTO		
Sodio intercambiable (Na)	cmol <sub>(+)</sub> /kg	Acetato de amonio 1N pH 7,0	0,10	NORMAL		
capacidad de intercambio catiónico (CICE)	cmol <sub>(+)</sub> /kg	Suma de cationes	10,54	MEDIO		
Hierro disponible (Fe) Olsen	mg/kg	Olsen modificado	1434,00	ALTO		
Manganeso disponible (Mn) Olsen	mg/kg	Olsen modificado	7,60	MEDIO		
Zinc disponible (Zn) Olsen	mg/kg	Olsen modificado	3,40	ALTO		
Cobre disponible (Cu) Olsen	mg/kg	Olsen modificado	3,10	ALTO		
Boro disponible (B)	mg/kg	Fosfato monobasico de calcio	0,17	BAJO		
<b>SATURACION DE BASES</b>						
Saturacion de Calcio	30%	Bajo				
Saturacion de Magnesio	5%	Bajo				
Saturacion de Potasio	6%	Alto				
Saturacion de Sodio	1%	Normal				
Saturacion de Aluminio	49%	RESTRICTIVO				
<b>RELACIONES IÓNICAS</b>						
Relacion Ca/Mg	6,1					
Relacion (ca+Mg)/K	6,0					
Relacion Mg/K	0,8					
Relacion Ca/B	3689					



OBSERVACIONES: \* interpretación basada en: ICA, 1992. Fertilización en diversos cultivos. Quinta aproximación. Manual de asistencia N 25;

Los resultados son válidos únicamente para la muestra en referencia

Este documento ha sido producido electrónicamente y es válido sin la firma.

Este documento no puede ser reproducido total ni parcialmente, sin la autorización formal de CORPOICA

CORPORACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA, NIT: 800194600-3

CENTRO DE INVESTIGACIÓN TIBAITATA

KILOMETRO 14 VÍA MOSQUERA (CUNDINAMARCA)

TELÉFONOS: 4227300, extensión 1414

## Anexo 22. Evidencias en campo.

