

Universidad de Cundinamarca  
Extensión Facatativá

Facultad de Ciencias Agropecuarias



**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE CUATRO  
GENOTIPOS DE PAPA CRIOLLA (*Solanum phureja*) BAJO DIFERENTES  
DENSIDADES DE SIEMBRA EN CUATRO LOCALIDADES DE NARIÑO.**

**OPCIÓN DE GRADO PASANTÍA AGROSAVIA**

**YULIETH PAOLA OSPINA VALENCIA**

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
INGENIERÍA AGRONÓMICA  
EXTENSIÓN FACATATIVÁ  
FACATATIVA  
2018**

**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE CUATRO  
GENOTIPOS DE PAPA CRIOLLA (*Solanum phureja*) BAJO DIFERENTES  
DENSIDADES DE SIEMBRA EN CUATRO LOCALIDADES DE NARIÑO.**

**YULIETH PAOLA OSPINA VALENCIA**

**CARLOS ANDRÉS BENAVIDES  
INVESTIGADOR MÁSTER AGROSAVIA**

**DANIEL CUBILLOS  
DOCENTE UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA**

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
INGENIERÍA AGRONÓMICA  
EXTENSIÓN FACATATIVÁ  
FACATATIVA**

**2018**

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO.....	8
0. INTRODUCCIÓN .....	10
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	10
2. JUSTIFICACIÓN .....	13
3. OBJETIVOS .....	14
3.1. Objetivo general:.....	15
3.2. Objetivos específicos: .....	15
4. MARCO TEÓRICO.....	16
4.1. EL CULTIVO DE PAPA CRIOLLA EN COLOMBIA.....	16
4.2. DESCRIPCIÓN DE LA PAPA CRIOLLA ( <i>Solanum phureja</i> ) .....	17
4.3. GENOTIPOS .....	19
4.4. CRECIMIENTO Y DESARROLLO .....	20
4.4.1. Análisis de crecimiento.....	21
4.4.2. Crecimiento y desarrollo del cultivo de papa .....	23
4.4.3. Factores de incidencia:.....	24
5. DISEÑO METODOLÓGICO.....	26
5.1. Localización.....	26
5.2. Genotipos .....	27
5.3. Diseño experimental y tratamientos a evaluar .....	27
5.3.1 Manejo agronómico .....	29
5.4. Variables a evaluar.....	29
5.4.1. Determinación de materia seca e índices de crecimiento. ....	30
5.4.2. Determinación contenida de clorofila.....	32
5.4.3. Determinación del rendimiento.....	32
5.5. Análisis de la información. ....	32
6. RESULTADOS Y ANÁLISIS PARCIAL. ....	33
6.1. Crecimiento y desarrollo.....	33
6.1.1. Materia seca total. ....	37

6.1.2. Área foliar total. ....	51
6.1.3. Índices de crecimiento: .....	52
6.1.3.1. Tasa de crecimiento relativo (TCR).....	54
6.1.3.2. Tasa de asimilación neta (TAN) .....	57
6.1.3.3. Índice de Área Foliar (IAF) .....	60
6.1.4. Tiempo fisiológico: Grados día. ....	63
6.2. Contenido de clorofila.....	65
7. CONCLUSIONES .....	67
8. RECOMENDACIONES.....	67
9. BIBLIOGRAFÍA .....	68

### INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características climáticas de precipitación, temperatura, altitud y pendiente del municipio y vereda donde se ubicaron los lotes experimentales. ....	27
Tabla 2. Muestreos correspondientes a cada localidad. Numero de muestreo y días después de la siembra.....	33
Tabla 3. Cuadrados medios del análisis de varianza combinado, para peso seco total (PST) y área foliar total (AFT) de cuatro genotipos de papa criolla evaluados en las localidades de Cuaspud y Tangua en el departamento de Nariño. ....	35
Tabla 4. Comparación de medias (prueba de Tukey) para peso seco total (PST) y área foliar total (AFT) de cuatro genotipos de papa criolla, evaluados en las localidades de Cuaspud y Tangua en el departamento de Nariño. ....	36
Tabla 5. Peso seco total por planta y por órgano: raíz y tallo en cada genotipo y densidad.....	51
Tabla 6. Índices de crecimiento correspondientes a la localidad de Cubijan por densidad y genotipo.....	53
Tabla 7. Grados día acumulados para completar la fase de emergencia y floración desde la siembra para los cuatro genotipos estudiados.....	64
Tabla 8. Contenido de clorofila para los genotipos evaluados por densidad en la localidad de Cuaspud.....	65

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de los lotes experimentales evaluados por municipio y vereda en el departamento de Nariño.....	26
Figura 2. Diagrama del diseño experimental en parcelas divididas con estructura de parcelas en bloques al azar, correspondiente a las densidades (D) como parcela principal: D1 = 25.000 plantas/Ha D2 = 27.777 plantas/Ha D3 = 33.333 plantas/Ha D4 = 40.000 plantas/Ha) y los genotipos: Criolla Colombia (CC), Criolla Morasurco (MO), Criolla Mambera,(MA) Criolla Ratona Morada (RM) como subparcela. P: Corresponde a la parcela muestreada en campo. ....	29
Figura 3. Comportamiento gráfico de materia seca de la hoja correspondiente a la evaluación de cuatro genotipos, Criolla Colombia (CC), Criolla Morasurco (MO), Criolla Mambera,(MA) y Criolla Ratona Morada (RM) para cada densidad en la localidad de Cuaspud. a). Densidad 1:25.000 plantas. Ha <sup>-1</sup> , b). Densidad 2: 27.777 plantas. Ha <sup>-1</sup> , c). Densidad 3: 33.333 plantas. Ha <sup>-1</sup> , d). Densidad 4:40.000 plantas. Ha <sup>-1</sup> .....	39
Figura 4. Curvas de materia seca del tallo correspondiente a la evaluación de cuatro genotipos, Criolla Colombia (CC), Criolla Morasurco (MO), Criolla Mambera (MA) y Criolla Ratona Morada (RM) para cada densidad en la localidad de Cuaspud. a). Densidad 1:25.000 plantas. Ha <sup>-1</sup> , b). Densidad 2: 27.777 plantas. Ha <sup>-1</sup> , c). Densidad 3: 33.333 plantas. Ha <sup>-1</sup> , d). Densidad 4: 40.000 plantas. Ha <sup>-1</sup> . ....	40
Figura 5 Relación de materia seca de la raíz correspondiente a la evaluación de cuatro genotipos, Criolla Colombia (CC), Criolla Morasurco (MO), Criolla Mambera (MA) y Criolla Ratona Morada (RM) para cada densidad en la localidad de Cuaspud. a) Densidad 1:25.000 plantas. Ha <sup>-1</sup> , b).Densidad 2: 27.777 plantas.Ha <sup>-1</sup> , c) Densidad 3: 33.333 plantas.Ha <sup>-1</sup> , d) Densidad 4:40.000 plantas.Ha <sup>-1</sup> . ....	41
Figura 6.Curvas de materia seca planta completa correspondiente a la evaluación de cuatro genotipos, Criolla Colombia (CC), Criolla Morasurco (MO), Criolla Mambera,(MA) Criolla Ratona Morada (RM) para cada densidad en la localidad de Cuaspud. a). Densidad 1:25.000 plantas.Ha <sup>-1</sup> , b). Densidad 2: 27.777 plantas.Ha <sup>-1</sup> , c). Densidad 3: 33.333 plantas.Ha <sup>-1</sup> , d). Densidad 4:40.000 plantas.Ha <sup>-1</sup> . ....	42
Figura 7. Comportamiento grafico de materia seca de la hoja correspondiente a la evaluación de cuatro genotipos, Criolla Colombia (CC), Criolla Morasurco (MO), Criolla Mambera,(MA) y Criolla Ratona Morada (RM) para cada densidad en la localidad de Tangua. a). Densidad 1:25.000 plantas.Ha <sup>-1</sup> , b). Densidad 2: 27.777 plantas.Ha <sup>-1</sup> , c). Densidad 3: 33.333 plantas.Ha <sup>-1</sup> , d). Densidad 4:40.000 plantas. Ha <sup>-1</sup> . ....	44
Figura 8. Comportamiento de peso seco de la raíz evaluado en cuatro genotipos, Criolla Colombia (CC), Criolla Morasurco (MO), Criolla Mambera,(MA) y Criolla Ratona Morada (RM) para cada densidad en la localidad de Tangua. a). Densidad 1:25.000 plantas. Ha <sup>-1</sup> , b). Densidad 2: 27.777 plantas. Ha <sup>-1</sup> , c). Densidad 3: 33.333 plantas. Ha <sup>-1</sup> , d). Densidad 4:40.000 plantas. Ha <sup>-1</sup> .....	45

Figura 9 Comportamiento de peso seco del tubérculo evaluado en cuatro genotipos, Criolla Colombia (CC), Criolla Morasurco (MO), Criolla Mambera,(MA) y Criolla Ratona Morada (RM) para cada densidad en la localidad de Tangua. a). Densidad 1:25.000 plantas. Ha<sup>-1</sup>, b). Densidad 2: 27.777 plantas. Ha<sup>-1</sup>, c). Densidad 3: 33.333 plantas. Ha<sup>-1</sup>, d). Densidad 4:40.000 plantas. Ha<sup>-1</sup>.  
..... 46

Figura 10. Comportamiento grafico de materia seca planta completa correspondiente a la evaluación de cuatro genotipos, Criolla Colombia (CC), Criolla Morasurco (MO), Criolla Mambera,(MA) Criolla Ratona Morada (RM) para cada densidad en la localidad de Tangua. a). Densidad 1:25.000 plantas. Ha<sup>-1</sup>, b). Densidad 2: 27.777 plantas. Ha<sup>-1</sup>, c). Densidad 3: 33.333 plantas. Ha<sup>-1</sup>, d). Densidad 4:40.000 plantas. Ha<sup>-1</sup>..... 47

Figura 11. Curva de materia seca del tallo correspondiente a la evaluación de cuatro genotipos, Criolla Colombia (CC), Criolla Morasurco (MO), Criolla Mambera (MA) y Criolla Ratona Morada (RM) para cada densidad en la localidad de Cubijan. a). Densidad 1:25.000 plantas. Ha<sup>-1</sup>, b). Densidad 2: 27.777 plantas. Ha<sup>-1</sup>, c). Densidad 3: 33.333 plantas. Ha<sup>-1</sup>, d). Densidad 4:40.000 plantas. Ha<sup>-1</sup>. ..... 49

Figura 12. Curvas de materia seca total correspondiente a la evaluación de cuatro genotipos, Criolla Colombia (CC), Criolla Morasurco (MO), Criolla Mambera,(MA) Criolla Ratona Morada (RM) para cada densidad en la localidad de Cubijan. a). Densidad 1:25.000 plantas. Ha<sup>-1</sup>, b). Densidad 2: 27.777 plantas. Ha<sup>-1</sup>, c). Densidad 3: 33.333 plantas. Ha<sup>-1</sup>, d). Densidad 4:40.000 plantas. Ha<sup>-1</sup>.  
..... 50

Figura 13 Curvas de la tasa de crecimiento relativo correspondiente a la evaluación de cuatro genotipos, Criolla Colombia (CC), Criolla Morasurco (MO), Criolla Mambera,(MA) Criolla Ratona Morada (RM) para cada densidad en la localidad de Cuaspud. a). Densidad 1:25.000 plantas. Ha<sup>-1</sup>, b). Densidad 2: 27.777 plantas. Ha<sup>-1</sup>, c). Densidad 3: 33.333 plantas. Ha<sup>-1</sup>, d). Densidad 4:40.000 plantas. Ha<sup>-1</sup>. ..... 55

Figura 14 Comportamiento de la tasa de crecimiento relativo correspondiente a la evaluación de cuatro genotipos, Criolla Colombia (CC), Criolla Morasurco (MO), Criolla Mambera,(MA) Criolla Ratona Morada (RM) para cada densidad en la localidad de Tangua. a). Densidad 1:25.000 plantas. Ha<sup>-1</sup>, b). Densidad 2: 27.777 plantas. Ha<sup>-1</sup>, c). Densidad 3: 33.333 plantas. Ha<sup>-1</sup>, d). Densidad 4:40.000 plantas. Ha<sup>-1</sup>. ..... 56

Figura 15 Curva del comportamiento de la tasa de asimilación neta (TAN) correspondiente a la evaluación de cuatro genotipos, Criolla Colombia (CC), Criolla Morasurco (MO), Criolla Mambera,(MA) Criolla Ratona Morada (RM) para cada densidad en la localidad de Cuaspud. a). Densidad 1:25.000 plantas.Ha<sup>-1</sup>, b). Densidad 2: 27.777 plantas.Ha<sup>-1</sup>, c). Densidad 3: 33.333 plantas.Ha<sup>-1</sup>, d). Densidad 4:40.000 plantas. Ha<sup>-1</sup> ..... 58

Figura 16. Curva del comportamiento de la tasa de asimilación neta (TAN) correspondiente a la evaluación de cuatro genotipos, Criolla Colombia (CC), Criolla Morasurco (MO), Criolla

Mambera,(MA) Criolla Ratona Morada (RM) para cada densidad en la localidad de Tangua. a). Densidad 1:25.000 plantas.  $\text{Ha}^{-1}$ , b). Densidad 2: 27.777 plantas.  $\text{Ha}^{-1}$ , c). Densidad 3: 33.333 plantas.  $\text{Ha}^{-1}$ , d). Densidad 4:40.000 plantas.  $\text{Ha}^{-1}$ ..... 59

Figura 17 Comportamiento del índice de área foliar (IAF) correspondiente a la evaluación de cuatro genotipos, Criolla Colombia (CC), Criolla Morasurco (MO), Criolla Mambera (MA) Criolla Ratona Morada (RM) para cada densidad en la localidad de Tangua. a). Densidad 1:25.000 plantas.  $\text{Ha}^{-1}$ , b). Densidad 2: 27.777 plantas.  $\text{Ha}^{-1}$ , c). Densidad 3: 33.333 plantas.  $\text{Ha}^{-1}$ , d). Densidad 4:40.000 plantas.  $\text{Ha}^{-1}$ . ..... 61

Figura 18 Curvas del índice de área foliar (IAF) correspondiente a la evaluación de cuatro genotipos, Criolla Colombia (CC), Criolla Morasurco (MO), Criolla Mambera (MA) Criolla Ratona Morada (RM) para cada densidad en la localidad de Tangua. a). Densidad 1:25.000 plantas.  $\text{Ha}^{-1}$ , b). Densidad 2: 27.777 plantas.  $\text{Ha}^{-1}$ , c). Densidad 3: 33.333 plantas.  $\text{Ha}^{-1}$ , d). Densidad 4:40.000 plantas.  $\text{Ha}^{-1}$ . ..... 62

## 0. RESUMEN EJECUTIVO

El trabajo se realizó en el marco del proyecto mejoramiento tecnológico y productivo del sistema papa en el departamento de Nariño financiado por el Sistema General de Regalías. El objetivo del trabajo es evaluar variables agronómicas y de desarrollo en genotipos de papa criolla comercial (criolla Colombia CC) y nativos (criolla Morasurco MO, criolla Mambera MA y criolla Ratona morada RM) bajo diferentes densidades de siembra en cuatro localidades de Nariño. Se evaluó el crecimiento y desarrollo de las plantas a través de la evolución de la materia seca acumulada, área foliar total, índices de crecimiento (TCR, TAN y IAF), grados día acumulados (GDA) y contenido de clorofila. De acuerdo con lo avanzado y los muestreos realizados en la acumulación de materia seca y área foliar total existen diferencias significativas entre genotipos, en cuanto a materia seca se presentó comportamiento similar en CC y MA, pero inferior con respecto a los demás genotipos, en el área total el genotipo MO superó en comportamiento los demás genotipos evaluados. En los índices de crecimiento se evidencia una reducción considerable en Tangua (55 dds) y Cuaspud (80 dds) debido al inicio de la tuberización; en el tiempo fisiológico evaluado en GDA el genotipo más precoz para emergencia y floración fue RM, por último, en el contenido de clorofila se determinó que la densidad no es un parámetro que afecte la variable y no influye en la TAN.

**Palabras clave:** Tasa de crecimiento del cultivo (TCR), tasa de asimilación neta (TAN), índice de área foliar (IAF), materia seca, área foliar.

## 1. ABSTRACT

The work was carried out within the framework of the project of technological improvement and product of the potato system in the department of Nariño financed by the General System of Royalties. The objective of this work is to evaluate the agronomic and development variables in commercial Criole (Criole Colombia CC) and native (Creole Morasurco MO, Creole Mambra MA and Criole Ratona morada RM) genotypes under planting densities in four localities of Nariño. The growth and development of the plants was evaluated through the evolution of accumulated dry matter, total leaf area, growth indexes (TCR, TAN and IAF), accumulated day degrees (GDA) and chlorophyll content. According to the advanced and according to the samples taken in the accumulation of dry matter and total leaf area there are significant differences between genotypes, in terms of dry matter similar behavior was presented in CC and MA, but lower with respect to the other genotypes, in As regards the total area, the MO genotype exceeded the other evaluated genotypes in terms of behavior. The growth rates show a considerable reduction in the last samples taken due to the start of tuberization; as far as the physiological time evaluated in GDA the earliest genotype for emergence and flowering was MRI, finally, in the content of chlorophyll it was determined that the density is not a parameter that affects the variable and does not influence the TAN.

**Key words:** Relative growth rate (RGR), net assimilation rate (NAR), leaf area index (LAI), dry matter, leaf area.

## 2. INTRODUCCIÓN

El cultivo de papa criolla o papa diploide en Colombia se desarrolla principalmente en suelos francos, en altitudes comprendidas entre los 2000 y 3000 msnm, con temperaturas de 10 a 20°C y pH de 5,2 a 5,7 (Perez, Rodriguez & Gomez, 2008). Se caracteriza por presentar adaptación a días cortos y brotación en cosecha, su calidad depende del microclima, altitud, humedad y radiación solar ocurrida durante la producción, con el paso del tiempo varios taxónomos han clasificado la papa como *Solanum phureja*, *Solanum tuberosum* Grupo Phureja (Huamán & Spooner, 2002), y la más reciente *Solanum tuberosum* Grupo Andigena (Spooner et al., 2007) esta especie comprende cultivares nativos que se distribuyen geográficamente en la región de los andes a partir del occidente de Venezuela hasta el centro de Bolivia (Rodriguez, Ñustez & Estrada, 2009).

Colombia se presenta como uno de los países con mayor producción, consumo y área cultivada de papa diploide en el mundo, una importante diversidad en cuanto a la especie se encuentra en el departamento de Nariño. Para el año 2015 la producción nacional de papa criolla se desarrolló en 9.200 hectáreas aproximadamente, destacándose entre los departamentos con mayor producción Cundinamarca, Boyacá y Nariño. En este último se cosecharon 1.601 hectáreas con una producción de 15.558 toneladas con un rendimiento promedio de 9,84 Ton/Ha con un aporte en la producción nacional del 11,81%. La producción se distribuye principalmente en los municipios de Puerres, Cuaspud, Guachucal, Córdoba, Gualmatan, Ipiales, Potosí, Pupiales y Túquerres en donde se concentra el 90% del área cultivada del departamento (Agronet, 2016).

El tubérculo presenta potencial para ser introducido como un producto exótico en el ámbito internacional, por tal razón una parte de la papa criolla es procesada en diferentes presentaciones;

congelada o precocida, en bolsas plásticas, enlatada o envasada (Rodríguez, Ñustez & Estrada, 2009).

Los agricultores en su gran mayoría han colectado las semillas de los genotipos nativos que aún se preservan, conservando además los saberes ancestrales y como alternativa frente a la fluctuación de los precios de la papa, debido a sus diferentes formas y colores que los hacen atractivos para incursionar en los mercados gastronómicos de restaurantes gourmet. En Ventaquemada, Boyacá por ejemplo los agricultores han recuperado 40 genotipos durante los últimos 10 años y han adoptado técnicas naturales para el manejo del sistema productivo (algunos de estos genotipos provienen del departamento de Nariño). El mercado de comercialización de genotipos nativos de papa criolla aun no es extenso, pero cada vez más agricultores están ingresando a este por la diferencia de precios, pues el de una papa nativa es el doble comparado con una variedad comercial (El espectador, 2017).

En cuanto a comportamiento de genotipos de papa criolla comerciales de acuerdo con su respuesta a variables del sistema productivo se han realizado entre otras investigaciones la efectuada por Corpocebada y Fedepapa, quienes evaluaron tres densidades (25000, 33333 y 50000 plantas/Ha y tres dosis de fertilizante (500, 1000 y 1500 kg de fertilizante compuesto. Ha-1), en diferentes localidades, en este trabajo se identificó a Subachoque como una localidad que presentó diferencias estadísticas en el rendimiento, en la dosis 1000 kg/ Ha de 13-26-6 en la densidad de 33333 plantas/Ha (Alvarado & Ramirez, 2016).

Para el caso del departamento de Nariño se han adelantado trabajos como el realizado para la obtención del catálogo de papas nativas de Nariño (Tinjaca & Rodríguez, 2015). En este, se adelantó una descripción morfológica, caracterización agronómica y poscosecha de 118 genotipos

de papa recolectados en nueve municipios, se ejecutó también otro estudio de caracterización morfoagronómica de 101 genotipos de papa criolla (Madroñero, Rosero, Rodriguez, Navia & Benavides, 2013), considerando 36 características en cuatro etapas del cultivo, identificando los mejores rendimientos y los cultivares con mayor vigor y habito de crecimiento.

La investigación acerca del comportamiento agronómico de genotipos de papa criolla nativa en las zonas de Nariño es escasa, conllevando a que los sistemas se establezcan siguiendo prácticas tradicionales y adaptando genotipos nativos a condiciones de las variedades comerciales reduciendo la productividad de estos como sistema de cultivo potencial. Por lo mencionado, el objetivo propuesto para el desarrollo de la pasantía es contribuir con la evaluación de variables agronómicas en genotipos de papa criolla bajo diferentes densidades de siembra en cuatro localidades de Nariño.

Cabe mencionar que las actividades se enmarcan en el proyecto mejoramiento tecnológico y productivo del sistema papa en el departamento de Nariño financiado por el Sistema General de Regalías (SGR), ejecutado por la Gobernación de Nariño y operado en conjunto por la Universidad de Nariño y Agrosavia que cuenta con cinco objetivos y que para el caso del presente ensayo, se consideraron los avances obtenidos en el primer objetivo que consiste en identificar los agroecosistemas más eficientes para el cultivo de papa en las zonas productoras del departamento de Nariño.

### 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el país, se han realizado estudios acerca del comportamiento agronómico, ajuste de densidades y fertilización en su gran mayoría para genotipos de *Solanum tuberosum*, en el caso de *Solanum phureja* los estudios se han llevado a cabo para un número reducido de variedades o genotipos, en cuanto a la investigación aplicada a zonas productoras del departamento de Nariño, se han adelantado algunos trabajos en descripción morfológica, caracterización agronómica, morfoagronómica y poscosecha, pero se evidencia una necesidad en conocer las respuestas a variables fisiológicas de estos genotipos.

En el departamento de Nariño los sistemas productivos asociados a genotipos de papa criolla especialmente los de tipo nativo no cuentan con un paquete de recomendaciones agronómicas para las diferentes condiciones del cultivo. Adaptando en ocasiones, prácticas de variedades comerciales para la producción de las mismas, sin tener en cuenta que en cada ambiente la respuesta de un genotipo puede variar, de igual forma los métodos de siembra tradicionales sin conocer variables fisiológicas, la falta de eficiencia en el recurso hídrico y el desconocimiento de una adecuada densidad de siembra conllevan a que existan bajos índices de rendimiento en la producción del cultivo, siendo necesario indagar en estos aspectos para lograr incrementar la productividad del cultivo en el departamento.

Teniendo en cuenta lo mencionado, surge la pregunta de investigación ¿Existe un diferencial en el crecimiento y desarrollo de genotipos de papa criolla nativos bajo distintas densidades de siembra versus un genotipo comercial en las zonas productoras de Nariño?

#### 4. JUSTIFICACIÓN

La papa es el cuarto alimento básico e importante del mundo (International potato center - CIP, 2018), en Colombia los departamentos con mayor producción son Cundinamarca, Boyacá y Nariño con 41%, 20% y 16% respectivamente (Superintendencia de industria y comercio, 2010), existen alrededor del sistema un aproximado de 90.000 productores y se generan 20 millones de jornales al año.

Los productores pueden ser grandes, medianos y pequeños, encontrando que el 85% de la producción es generada por pequeños productores y el 5% por grandes. En Nariño 19.964 familias poseen como único sustento el cultivo de papa de las cuales aproximadamente el 10 % de su producción pertenece a papa criolla (*Solanum phureja*), con 15.758 toneladas, un rendimiento promedio de 9,84 Ton/Ha y un 11.91% de aporte en la producción nacional (Agronet, 2016).

El grupo de papa criolla está conformado por cultivares de tipo comercial y nativos con un centro de diversidad importante ubicado en el departamento de Nariño. Obtener información que contribuya en el conocimiento acerca de variables agronómicas y de desarrollo de estos últimos, permitirá conocer su potencial productivo, de tal manera que puedan ser considerados alternativas económicamente viables para los productores, que en algunas ocasiones están expuestos a la variabilidad de precios. Así mismo se puede dar inicio a establecer practicas agronómicas diferenciales para los genotipos de papa criolla nativa sobre cultivares comerciales y en zonas específicas.

## 5. OBJETIVOS

### 5.1. Objetivo general:

Evaluar variables agronómicas y de desarrollo en cuatro genotipos de papa criolla (*Solanum phureja*), bajo diferentes densidades de siembra establecidos en cuatro localidades del departamento de Nariño.

### 5.2. Objetivos específicos:

- Evaluar el crecimiento y desarrollo de cuatro genotipos de papa criolla (*Solanum phureja*) bajo distintas densidades de siembra.
- Evaluar parámetros fisiológicos como tiempo térmico y contenido de clorofila en cuatro genotipos de papa criolla (*Solanum phureja*).

## 6. MARCO TEÓRICO

### 6.1. EL CULTIVO DE PAPA CRIOLLA EN COLOMBIA

Colombia es el mayor productor y consumidor de papas diploides del mundo, aunque es cultivada en otros países como Bolivia, Ecuador y Perú, no se explota comercialmente en el mismo nivel (Diazgranados & Chaparro, 2007). El área cultivada de papa en Colombia es de 138.631 Ha y la producción 2'788.050 ton. año concentrada en ocho departamentos, Cundinamarca, Boyacá, Nariño, Antioquia, Santander, Norte de Santander, Cauca y Tolima (FEDEPAPA, 2017), aproximadamente 90.000 familias tienen como renglón económico la explotación de este cultivo y se generan 20 millones de jornales al año, además posee la mayor demanda de fungicidas e insecticidas en el país, de la producción de papa 15.000 Ha son cultivadas con papa criolla y producen 200.000 Ton, el 90% de la papa criolla se comercializa para consumo en fresco y el 6% restante para procesamiento, los volúmenes exportados mas importantes corresponden a papa criolla procesada en diferentes presentaciones (Alonso, 2014).

El departamento de Nariño es el tercer productor de papa, aporta aproximadamente el 19 % de la producción nacional y su área cultivada para el año 2016 fue 24.900 Ha, en el caso de la papa criolla este departamento aporta el 11 % de la producción nacional con 1.601 Ha cosechadas, 1.558 Ton de producción y rendimientos de 9,84 Ton.Ha<sup>-1</sup> (Agronet, 2016).

## 6.2. DESCRIPCIÓN DE LA PAPA CRIOLLA (*Solanum phureja*)

La papa criolla (*Solanum phureja*) se genera de la mutación de *S. stenotomum*, primera especie domesticada hace 7000 a 10000 años a partir de la especie silvestre *S. leptophyes* (Spooner & Hettersheid, 2005), Estrada (2000) presento la clasificación que se mantiene hasta la serie:

- **Género:** *Solanum* Linneus
- **Subgénero:** Potatoe (G. Don) Arcy
- **Sección:** Petota Dumortier
- **Subsección:** Potatoe G. Don
- **Superserie:** Rotata Hawkes (corola rotácea)
- **Serie:** XVI Tuberosa (Rybd.) Hawkes

La planta de la papa criolla es diploide, puede alcanzar alturas hasta los 100 cm dependiendo del genotipo, posee en promedio cinco tallos verdaderos, ramificados de acuerdo a la densidad de siembra, estos son considerados como una unidad de producción independiente, cada tallo puede producir entre 2,5 y 8.0 tubérculos, presenta tallos modificados como estolones y tubérculos, su follaje es erecto y el tamaño de las hojas mediano, la terminación de los estolones tiene forma de gancho y es allí donde se generan los tubérculos; estos son la principal forma de propagación asexual, presentan dos caras, una próxima en el punto de unión con el estolón y una apical extremo que contiene yemas para generar tallos y raíces (Parra & Ortiz, 2017)

Los órganos reproductivos como la flor y el fruto aparecen simultáneamente con la formación de los estolones y la tuberización, la flor es hermafrodita, pentámera, completa con estambres prominentes y ovario supero, la organización de la inflorescencia es en cimbras, los frutos

son bayas de color verde, redondos y con numerosas semillas, algunas características como los estolones y el sistema radicular con un tamaño menor al de la papa común, permite utilizar densidades de siembra mayores. Esta especie no posee periodo de reposo por lo que una vez cosechada inicia la producción de yemas (Parra & Ortiz, 2017).

La planta se desarrolla en temperaturas de 10 a 20° C, requiere precipitaciones anuales de 900 mm, humedad relativa de 75 a 80%, suelos con textura franca y pH de 5,2 a 5,7, la producción comercial se realiza en altitudes de 200 a 3500 msnm, siendo óptimo de 2500 a 3000 msnm (Villa & Barrientos, 2012).

La papa criolla (*Solanum phureja*) tiene grandes cantidades de materia seca, predominando el almidón, presenta gran cantidad de carotenoides, tiene un alto valor nutricional, contiene aminoácidos esenciales, proteínas de alta calidad que varían entre 0,7 a 4,6 %, minerales (Zn, Cu, Ca y Fe), vitamina A, C (Muñoz & Lucero, 2008) y fibra cruda (0,6%) (Villa & Barrientos, 2012), su buen sabor y textura permiten aceptación en el mercado y potencial en diversas formas de procesamiento (Gutierrez & Diaz, 2013).

Los cultivares más conocidos en Colombia son de ciclo corto de 110 a 120 días y de rápida maduración, este rápido desarrollo de los tubérculos permite tener hasta tres cosechas al año, los tubérculos cosechados se clasifican en richie, pequeña, mediana y grande dependiendo del diámetro y peso (Tinjaca & Rodriguez, 2015).

### 6.3. GENOTIPOS

Los morfotipos de papa criolla en Colombia han sido seleccionados ancestralmente, en general tenían características similares de sabor y forma del tubérculo, pero no presentaban potencial para procesos industriales debido a que se perdía calidad, bajo esta condición se inició la selección de genotipos con óptimo rendimiento agronómico y aptitud industrial seleccionando el clon uno o multivariedad “yema de huevo” que en 2005 fue registrada ante el ICA como criolla Colombia (Piñeros 2009; Rodríguez, Ñustez & Estrada, 2009).

A la variedad “yema de huevo” no se le reconocen acciones de mejoramiento genético, sin embargo, presenta adaptabilidad en altitudes desde 2.500 a 3.200 msnm, su rendimiento es de 15 a 25 Ton.Ha<sup>-1</sup> aproximadamente, es susceptible al tizón tardío y la variedad más cultivada en Colombia (Piñeros, 2009). La planta de la variedad criolla Colombia tiene porte medio, tallos delgados de color verde claro, folíolos pequeños, flores de color rojo- lila, tubérculos pequeños con piel y pulpa amarilla, tiene un contenido de 22,31 % de materia seca y su periodo vegetativo es de cuatro meses (Piñeros, 2009).

En Nariño se pueden encontrar diversidad de genotipos nativos, entre estos, los más cultivados son criolla Morasurco, criolla Mambera y criolla Ratona Morada. El genotipo criolla Morasurco presenta habito de crecimiento semi erecto, tallos y tubérculos de color morado, y rendimientos de 2,250 a 2.350 kg. planta. Criolla Mambera presenta tallos de color verde con manchas, la piel de los tubérculos es de color rojo y el interior blanco crema, presenta mejor adaptación en regiones húmedas y altitudes mayores a los 2700 msnm, es una variedad precoz con un ciclo de 120 días, posee un contenido de materia seca del 18%, puede alcanzar rendimientos de

15 a 20 Ton. Ha<sup>-1</sup> (Guerrero, 1998) y Criolla Ratona Morada posee flores de color blanco, rendimientos de 2.180 kg. planta y tubérculos con consistencia harinosa y de cocción corta; los genotipos mencionados anteriormente tienen un amplio rango de adaptación (Tinjaca & Rodríguez, 2015).

#### **6.4. CRECIMIENTO Y DESARROLLO**

El crecimiento es el aumento en el tamaño y el peso seco de las plantas a través del tiempo que se da en función del ambiente y del genotipo, este proceso se genera con el incremento en la estructura metabólica mediante división celular, elongación, fotosíntesis, respiración, condiciones de estrés, transpiración, absorción y síntesis de compuestos (Cabezas & Corchuelo, 2005).

El desarrollo es un conjunto de eventos que generan cambios en la función y forma de la planta, este patrón se evidencia en todas las etapas del ciclo del cultivo, iniciando con la siembra, luego emergencia, crecimiento y el desarrollo de la planta (Castellanos, 2010).

Estos procesos pueden estar influenciados por factores ambientales como la radiación solar y la temperatura que afectan las actividades enzimáticas y fotosintéticas, estas condiciones pueden variar de acuerdo con la altitud y la adaptación que presenten las plantas, ya que fuera de los rangos de adaptación las plantas se desarrollan de forma inadecuada e incluso no logran completar el ciclo (Castellanos, 2010).

El desarrollo de las plantas puede estar determinado por los requerimientos térmicos necesarios para completar cada fase o grados día acumulados (GDA), este índice es independiente de la fecha de siembra, cada cultivar o variedad presenta valores específicos, es decir que cada planta tiene un requerimiento de temperatura antes de que un ciclo se complete, los grados día se

pueden calcular sumando la diferencia de la temperatura media diaria y la temperatura base, la temperatura base utilizada es aquella en la cual la planta reduce o detiene sus procesos metabólicos (Parra, Fischer & Chaves, 2015).

En el cultivo de papa existen dos procesos fisiológicos relacionados con el rendimiento: la respiración y la fotosíntesis, en la fotosíntesis se generan carbohidratos que son consumidos durante la respiración, gran parte de los carbohidratos restantes del proceso de respiración son almacenados en los tubérculos favoreciendo su crecimiento (Secretaría de agricultura y desarrollo económico y FEDEPAPA , 2009).

#### **6.4.1. Análisis de crecimiento**

El crecimiento y desarrollo se evalúan por medio de técnicas para cuantificar el rendimiento, el análisis de crecimiento se puede aplicar a una planta o una población en condiciones normales o controladas y consiste en utilizar un conjunto de índices basados en funciones matemáticas (Di Benedetto & Tognetti, 2016).

El análisis de crecimiento utiliza variables directas e indirectas, las directas son materia seca, área foliar y tiempo, las indirectas son tasa de crecimiento relativo (TCR), tasa de crecimiento del cultivo (TCC), tasa de asimilación neta (TAN), duración del área foliar (DAF), relación del área foliar (RAF), y el índice del área foliar (IAF) que pueden ser obtenidas a partir de las medidas directas). Estos índices son útiles realizando comparaciones en la fisiología cuando se utilizan diferentes tratamientos (Barrera, Melgarejo & Suarez, 2010).

El crecimiento y la productividad pueden estar determinados por diversos factores como la cantidad de energía que es interceptada por el dosel de la planta, la eficacia con la cual se intercepta

esta energía y es utilizada en la producción de materia seca, la proporción en que se distribuye esta materia seca en las diferentes partes de la planta, la pérdida de materia seca por la planta y la duración del crecimiento del órgano de interés (Castro, 2015).

El crecimiento se asemeja a una curva sigmoidea, presentando varias fases, en la fase logarítmica la materia seca se incrementa de forma exponencial del inicio del ciclo hasta la etapa juvenil, luego el crecimiento es prácticamente constante presentando una fase lineal, llegando al punto de mayor demanda de nutrientes y la fase constante donde hay el máximo de acumulación de materia seca conocida como madurez fisiológica, luego la curva decrece llegando a la senescencia, la pendiente de la curva es la tasa de crecimiento absoluto, es decir el aumento del peso seco por unidad de tiempo (Espinosa, 2004).

La tasa de crecimiento relativo (TCR) es el cálculo del incremento de biomasa por unidad de biomasa por unidad de tiempo, la capacidad de producción de fotoasimilados y la distribución de estos en la planta se pueden aproximar mediante la tasa de asimilación neta (TAN) y el índice de área foliar (IAF), el índice de área foliar se puede definir como la relación entre el área de las hojas producida por el cultivo y el área de suelo que estas ocupan, con el aumento del número de hojas se incrementa el índice de área foliar, además se genera una reducción de la cantidad de luz que puede ser interceptada por las hojas inferiores producto del aumento del número de hojas en la parte superior de la planta, sumado a esto un aumento en la densidad de siembra incrementa el índice de área foliar y el sombrero en las hojas inferiores que ocasiona una reducción de la tasa de asimilación neta (Di Benedetto & Tognetti, 2016).

#### 6.4.2. Crecimiento y desarrollo del cultivo de papa

El cultivo de papa presenta varias fases de desarrollo, en particular la papa criolla no presenta periodo de dormancia, la brotación, es decir la etapa en la que se da inicio al crecimiento de las yemas se puede dar en 35 días, comparado con el Grupo Andigena que se puede dar a los 150 días, esta fase se desarrolla con las reservas del tubérculo y es el periodo óptimo para realizar la siembra (Ritter, 2009).

En la germinación el extremo basal del brote genera las raíces y el apical genera las hojas, la emergencia se evidencia cuando el extremo apical del brote sobresale del suelo, luego se inicia la formación de primordios foliares y por consiguiente la formación de hojas completas, el crecimiento continua hasta que las plantas alcancen madurez fisiológica, se inicia la diferenciación de los estolones en la parte basal del tallo que se encuentra debajo de la superficie del suelo (Castellanos, 2010), luego se inicia la tuberización con el engrosamiento de la punta de los estolones; este proceso puede coincidir con la floración o presentarse antes, dependiendo del genotipo.

El tubérculo inicia una expansión de sus células para acumular nutrientes, agua y carbohidratos hasta alcanzar el máximo de masa total, simultáneamente en la parte aérea de la planta se evidencia amarillamiento y pérdida de hojas, disminuyendo la tasa de fotosíntesis y de crecimiento hasta la senescencia de la planta (Granitto, 2017).

El desarrollo del cultivo de papa comprende un crecimiento vegetativo, desarrollo reproductivo y senescencia, el desarrollo vegetativo según la escala BBCH tiene cuatro estadios:

germinación, brotación, desarrollo de hojas, formación de brotes laterales y crecimiento de brotes principales (Sanchez, Lopez & Rodriguez, 2005).

En la papa criolla la emergencia se da 15 días después de la siembra (dds), pero solo hasta los 21 dds se presenta emergencia del 50% de las plantas, el crecimiento de raíces y estolones se genera a los 30 dds, la aparición de número de hojas se incrementa a partir de los 65 dds hasta los 107 dds que alcanza el punto máximo de crecimiento e inicia la senescencia de la planta con un amarillamiento foliar, el desarrollo reproductivo se evidencia a los 44 dds observándose el 50% de la población con botón floral, la formación del tubérculo se genera a los 51 dds, luego inicia una etapa de engrosamiento aumentando el peso y el tamaño de los tubérculos desde los 79 dds hasta la cosecha a los 120 dds (Sanchez, Lopez & Rodriguez, 2005).

#### **6.4.3. Factores de incidencia:**

Algunos factores que pueden incidir en el crecimiento y el desarrollo del cultivo de papa son: longitud del día, temperatura, intensidad de la luz, agua y estructura de la hoja (Piñeros, 2009).

La longitud del día y la temperatura son unos de los factores que regula la formación del tubérculo y se relaciona con la síntesis de proteínas y almidón (Capezio & Huarte, 2013), en temperaturas altas la planta produce más follaje, se reduce la distancia de entrenudos y se desarrollan más tallos, una exposición de la planta a días cortos y temperaturas bajas en la noche induce la tuberización, en días cortos se propician la formación precoz del tubérculo y de estolones cortos, en días largos, se retrasa la formación del tubérculo, la planta induce la floración y formación de yemas laterales (Secretaría de agricultura y desarrollo económico & FEDEPAPA, 2009).

La intensidad lumínica juega un papel importante en la formación de carbohidratos producidos mediante la fotosíntesis, cuando la intensidad de luz es baja se disminuye el proceso de fotosíntesis, la acumulación de biomasa y se atrasa la elongación de tallos (Cabezas & Corchuelo, 2005). En algunos genotipos la tasa fotosintética es baja, pero presentan gran cantidad de superficie de asimilación y el área foliar o el ciclo se prolonga; para evaluar el contenido de clorofila, pigmento mas importante en la fotosíntesis se utiliza la emisión de fluorescencia o el fluorometro (Salazar, Pino Teresa, & Villagra , 2016).

## 7. DISEÑO METODOLÓGICO

### 7.1. Localización

El ensayo se llevó a cabo en cuatro localidades del departamento de Nariño, los lotes experimentales tienen un área de 3.480 m<sup>2</sup> y están ubicados en los municipios de Tangua, vereda el Obraje con latitud 1.066569 y longitud 1.066569, Cuaspud Carlosama, vereda San Francisco montenegros latitud 0.866333 y longitud -77.702222 y Pasto en las veredas Cubijan y Botana, latitud 1.158608 y longitud -77.327578 y latitud 1.160186 y longitud -77.272253 respectivamente como se muestra en la figura 1.

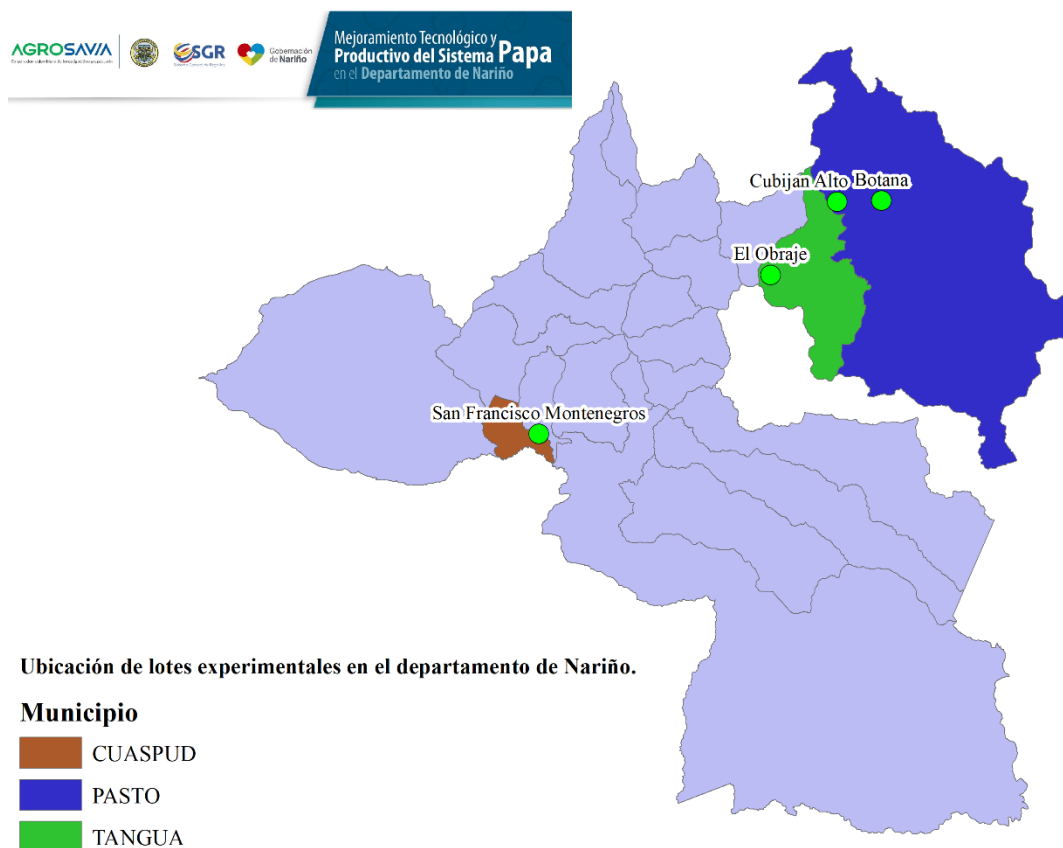


Figura 1. Ubicación de los lotes experimentales evaluados por municipio y vereda en el departamento de Nariño.

Los datos climatológicos de temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación fueron monitoreados mediante una estación meteorológica portátil modelo DAVIS Vantage Pro 2 ubicada en cada localidad, además se pueden evidenciar algunas características de los municipios en la tabla 1.

Tabla 1. Características climáticas de precipitación, temperatura, altitud y pendiente del municipio y vereda donde se ubicaron los lotes experimentales.

Municipio	Vereda	Características Agroclimáticas.			
		Precipitación (mm)	Temperatura (°C)	Altitud (msnm)	Pendiente (%)
Tangua	El Obraje	800 – 3000	14.2 – 17.2	2200 - 2600	50 - 75
Pasto	Botana	800 - 2800	13 – 14.8	2600 – 2800	25 - 50
Cuaspuj	San Francisco Montenegros	800 - 3000	9.4 – 13.6	2800 - 3400	12 - 25
Pasto	Cubijan	800 - 2800	9.4 – 12.4	3000 - 3400	5 - 12

## 7.2. Genotipos

Para llevar a cabo el ensayo se emplearon los cuatro genotipos de papa criolla (*Solanum phureja*) más cultivados en el departamento de Nariño, estos se identificaron mediante la aplicación de encuestas en 21 municipios en el marco del proyecto “mejoramiento tecnológico y productivo del sistema papa en el departamento de Nariño”, del cual hace parte este ensayo.

De acuerdo con lo anterior, los genotipos de papa criolla (*Solanum phureja*) empleados en el ensayo fueron: criolla Colombia (CC) que hará las veces de testigo, criolla Morasurco (MO) criolla Mambera (MA) y criolla Ratona morada (RM). Debido a que estos genotipos no se encuentran en el registro nacional de cultivares como variedades comerciales, la semilla fue

seleccionada a partir de lotes de productores, incluido el genotipo comercial, garantizando las mismas condiciones para todos los tratamientos.

### 7.3. Diseño experimental y tratamientos a evaluar

Se empleó un diseño de parcelas divididas con estructura de parcelas en bloques al azar con un total de 16 tratamientos y tres repeticiones (Figura 2). Para su establecimiento en campo, se consideraron como parcelas principales las cuatro densidades a evaluar (**D1** = 25.000 plantas/Ha **D2** = 27.777 plantas/Ha **D3** = 33.333 plantas/Ha **D4** = 40.000 plantas/Ha) y como subparcelas los cuatro genotipos mencionados (CC, MO, MA y RM). El diseño además fue establecido independientemente en cuatro zonas del departamento de Nariño determinadas como heterogéneas en cuanto a sus condiciones edafoclimáticas.

BLOQUE I	D -2	P1	P2	P3	P4
		RM	CC	MA	MO
	D -1	P8	P7	P6	P5
		MO	CC	MA	RM
	D -4	P9	P10	P11	P12
		MO	RM	MA	CC
	D -3	P16	P15	P14	P13
		RM	MO	CC	MA
BLOQUE II	D -3	P17	P18	P19	P20
		RM	CC	MA	MO
	D -4	P24	P23	P22	P21
		MO	RM	MA	CC
	D -1	P25	P26	P27	P28
		MO	MA	CC	RM
	D -2	P32	P31	P30	P29
		MA	MO	RM	CC
BLOQUE III	D -2	P33	P34	P35	P36
		MA	CC	MO	RM
	D -3	P40	P39	P38	P37
		MO	RM	CC	MA
	D -4	P41	P42	P43	P44
		CC	RM	MA	MO
	D -1	P48	P47	P46	P45
		CC	MO	RM	MA

Figura 2. Diagrama del diseño experimental en parcelas divididas con estructura de parcelas en bloques al azar, correspondiente a las densidades (D) como parcela principal: D1 = 25.000 plantas/Ha D2 = 27.777 plantas/Ha D3 = 33.333 plantas/Ha D4 = 40.000 plantas/Ha) y los genotipos: Criolla Colombia (CC), Criolla Morasurco (MO), Criolla Mamberra,(MA) Criolla Ratona Morada (RM) como subparcela. P: Corresponde a la parcela muestreada en campo.

### 7.3.1 Manejo agronómico

Para el establecimiento de cada lote experimental se realizó una desinfección de semilla, se llevó a cabo la preparación del terreno y el posterior surcado a una distancia de 1m, luego los tubérculos fueron distribuidos para su posterior siembra.

Como parte del manejo agronómico se realizó una fertilización en cada una de las localidades con base en niveles diferenciales determinados como sobresalientes para cada genotipo en evaluaciones anteriores realizadas en el marco del proyecto general, estos niveles se obtuvieron también en cada ambiente evaluado, para su aplicación se ajustó cada nivel con base en la mezcla de fuentes simples y de acuerdo con cada densidad evaluada. Las demás prácticas agronómicas se llevaron a cabo según las recomendaciones propuestas por Navas et al (2010).

Respecto a las condiciones bióticas o abióticas que pudieran afectar las parcelas experimentales se realizó un monitoreo de estas, tomando la decisión de aplicar algún producto cuando fuese necesario, además se llevó a cabo un deshierbe y el aporque según las condiciones del cultivo.

#### **7.4. Variables a evaluar.**

##### **7.4.1. Determinación de materia seca e índices de crecimiento.**

Se realizó a partir de un muestreo destructivo cada 15 días por localidad, tomando una planta por parcela para un total de 48 muestras, se registró el largo y ancho del follaje, la planta se separó por órgano (raíz, tallo y hoja) y se extrajeron discos de hojas con un área conocida. Posteriormente cada órgano se llevó a un horno UN750-PLUS marca memmert con una temperatura de 60°C durante 48 horas, finalmente se pesó cada muestra en una balanza analítica d=0.01g marca vibra determinando materia seca y se estimó el área foliar total e índices de crecimiento:

- Área foliar total (AFT): Se obtuvo mediante el método destructivo de sacabocado, tomando 20 discos con un área de 1,33 cm<sup>2</sup>.

$$AFT = Wh * 1,33cm^2 / Wd$$

Dónde: Wh: Peso de hojas, Wd: Peso de discos.

- Tasa de crecimiento relativo (TRC): Relación entre el aumento en peso seco en un intervalo de tiempo y el peso inicial (Di Benedetto & Tognetti, 2016).

$$TCR: LN W_2 - LN W_1 / T_2 - T_1$$

Dónde: W: Peso total, T: tiempo.

- Tasa de asimilación neta (TAN): Es un indicador de la eficiencia fotosintética, generalmente es mayor en etapas tempranas cuando la planta aún no ha sido sometida a competencia por radiación (Castellanos, 2010).

$$TAN: (W_2 - W_1 / T_2 - T_1) X (LNAF_2 - LNAF_1 / AF_2 - AF_1)$$

Dónde: W: Peso seco, T: Tiempo.

- Índice de área foliar (IAF): Es la relación entre el área foliar producida por la planta o la superficie fotosintetizadora y el área de suelo que esta ocupa en el suelo (Castellanos, 2010).

$$IAF: AF_2 - AF_1 / AS$$

Dónde: AF: Área foliar total, AS: Área del suelo.

Se llevó un registro del número de días después de la siembra (dds) que tarda la planta en alcanzar cada fase fenológica a emergencia y floración, se descargaron los datos de la estación meteorológica tomando temperatura mínima y máxima diaria con el fin de calcular el tiempo fisiológico en grados día acumulados (GDA) para cada genotipo, utilizando la siguiente ecuación:

$$GD: (T_{min} + T_{max}/2) - T_b$$

$$GDA: \sum GD_{1 \rightarrow n}$$

Dónde: GD: grados día diarios,  $T_{min}$ : Temperatura mínima,  $T_{max}$ : Temperatura máxima,  $T_b$ : Temperatura base de la papa 7°C (Flores, Flores & Ojeda , 2014).

Este parámetro se determinó por genotipo sin tener en cuenta los tratamientos y las diferentes localidades debido a que el tiempo fisiológico solo se ve afectado por la temperatura y en GDA cada fase fenológica para un genotipo es constante e independiente de la fecha de siembra y localidad (Mendez, 2015)

#### **7.4.2. Determinación contenida de clorofila.**

Una vez alcanzada la etapa de floración se midió el contenido de clorofila para cada genotipo y densidad en el lote experimental ubicado en Cuaspud Carlosama, utilizando un medidor portátil CCM-300, se tomó la cuarta hoja completamente desarrollada, desde el ápice de la planta según la metodología utilizada por Nemutanzhela, Modise, Siyoko, & Kanu (2017), tomando como muestra dos plantas por parcela y cuatro puntos del foliolo terminal de la hoja.

#### **7.4.3. Determinación del rendimiento**

Para determinar el rendimiento se pesan los tubérculos cosechados por parcela útil correspondiente a los dos surcos centrales y se clasifica la producción de diez plantas por tamaño según la norma técnica colombiana NTC 341 para variedades registradas, para genotipos nativos sin registro se toma una muestra de los tubérculos y de acuerdo con su tamaño se obtendrá una clasificación acorde con el mismo número de categorías que las variedades comerciales.

### **7.5. Análisis de la información.**

Para cada una de las variables se realizó un análisis de varianza con el fin de identificar aquellas diferencias entre tratamientos como efectos simples o como efectos compuestos, en las variables con diferencias estadísticas se efectuó una prueba de comparación de medias de Tukey.

## **8. RESULTADOS Y ANÁLISIS PARCIAL.**

De acuerdo con lo avanzado en el trabajo de grado, modalidad pasantía se han adelantado las evaluaciones en las localidades de Tangua, Cuaspud, Cubijan y Botana como se mencionó anteriormente, los resultados presentados son parciales debido a que se continuarán los respectivos muestreos hasta finalizar el ciclo del cultivo en cada lote experimental, respecto a los resultados de rendimiento estos serán obtenidos una vez el cultivo alcance la madurez fisiológica para ser cosechado y ser evaluado por el grupo de colaboradores de Agrosavia, se espera obtener cosecha en el mes de diciembre para las localidades Cuaspud y Tangua y en el mes de enero para las localidades Cubijan y Botana, a continuación, se describe el avance obtenido para cada variable de manera independiente en cada localidad.

### **8.1. Crecimiento y desarrollo.**

En cada localidad hasta el momento se ha realizado un número diferencial de muestreos que corresponden a los respectivos dds como se evidencia en la Tabla 2. El número de muestreos realizado por lote experimental varía de acuerdo a la siembra de los genotipos que dependía de la disponibilidad, adecuación del terreno y mano de obra, por tal razón no se realizó simultáneamente, se llevaron a cabo en el siguiente orden: Cuaspud, Tangua, Cubijan y Botana.

Tabla 2. Muestreos correspondientes a cada localidad. Numero de muestreo y días después de la siembra.

Localidad	Numero de muestreos	Días después de la siembra (dds)
Cuaspud	5	32, 48, 67, 80, 94
Tangua	5	27, 41, 35, 68, 82
Cubijan	4	28, 42, 55, 77
Botana	1	40

**Nota.** Los días después de la siembra se encuentran en orden y corresponden a cada muestreo registrado desde el primero al último.

En razón con lo expuesto para las localidades Tangua y Cuaspud se tiene el mayor número de muestreos, se realizó un análisis de varianza preliminar para el peso seco total de planta (PST) y área foliar total (AFT) en cuatro genotipos de papa criolla (*Solanum phureja*) como se muestra en la Tabla 3. esta compila los cuadrados medios del análisis de varianza combinado para las variables mencionadas.

De acuerdo al análisis realizado se identificaron, en primer lugar, diferencias estadísticas entre genotipos en las dos variables y en ambas localidades. El PST, mostró diferencias significativas ( $\alpha=0,05$ ) en la localidad de Cuaspud y diferencias altamente significativas ( $\alpha=0,01$ ) en la localidad de Tangua. El AFT por su parte, mostró diferencias significativas ( $\alpha=0,05$ ) en las dos localidades. Cabe mencionar, que ni para densidades ni para la interacción densidad por genotipo se evidenciaron diferencias estadísticas. Razón por la cual se considera, que la densidad

no representa todavía (ciclo de la planta hasta el momento) un diferencial que sugiera afectación sobre el comportamiento de al menos uno de los genotipos evaluados.

Tabla 3. Cuadrados medios del análisis de varianza combinado, para peso seco total (PST) y área foliar total (AFT) de cuatro genotipos de papa criolla evaluados en las localidades de Cuaspud y Tangua en el departamento de Nariño.

Cuadrados Medios					
		Cuaspud		Tangua	
Fuente de Variación	GL <sup>1</sup>	PST <sup>2</sup>	AFT <sup>3</sup>	PST <sup>4</sup>	AFT <sup>5</sup>
Bloques (Rep.)	2	891,45984 <sup>ns</sup>	67240604 <sup>ns</sup>	1195.471477 <sup>ns</sup>	7482047.18 <sup>ns</sup>
Densidades	3	2329,48864 <sup>ns</sup>	337803449 <sup>ns</sup>	577.702241 <sup>ns</sup>	2704220.45 <sup>ns</sup>
Genotipos	3	5851.53754*	495656751*	3057.076274**	17301275.81*
Densidades x					
Genotipos	9	971.41528 <sup>ns</sup>	117103943 <sup>ns</sup>	309.602030 <sup>ns</sup>	2706978.36 <sup>ns</sup>
Error	24	719.17572	84958043	256.59911	2087624.7
Total	47				
C.V. (%)		29,38	32,60	35.72	44,93

**Nota.** <sup>1</sup>GL= Grados de Libertad. <sup>2</sup>PST= peso seco total planta localidad Cuaspud. <sup>3</sup>AFT= Área foliar total localidad Cuaspud. <sup>4</sup> PST= peso seco total planta localidad Tangua. <sup>5</sup>AFT= Área foliar total localidad Tangua. <sup>ns</sup> no significativo. \* Diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ). \*\* Diferencias altamente significativas ( $p \leq 0,01$ ). C.V.=Coeficiente de variación.

De acuerdo con lo anterior, en la Tabla 4. Se presenta la prueba de comparación de medias (Tukey) en las dos localidades tanto para PST como para AFT, en este contexto se puede observar

que el genotipo CC en la localidad de Cuaspud hasta el momento de la evaluación muestra menor masa acumulada, representada en el peso total de sus órganos hasta el momento (60.71 g), siendo estadísticamente similar al genotipo MA y diferente de criolla MO y RM. CC igualmente para AFT mostró el menor valor con 1925 cm<sup>2</sup> sin diferencias estadísticamente con el genotipo MO y difiriendo de los demás genotipos evaluados.

En la localidad de Tangua, los resultados para PST fue igual que en Cuaspud, los genotipos CC y MA presentaron los menores valores (26.14g y 38.98g) sin diferencias estadísticas entre sí y con ella para los demás genotipos. El AFT en Tangua, mostró que el genotipo MO difirió estadísticamente del resto de genotipos, superándolos con 4994.5 cm<sup>2</sup> sobre 2359.8, 2770.7, 2735.6 cm<sup>2</sup> para CC, MA y RM, respectivamente.

Tabla 4. Comparación de medias (prueba de Tukey) para peso seco total (PST) y área foliar total (AFT) de cuatro genotipos de papa criolla, evaluados en las localidades de Cuaspud y Tangua en el departamento de Nariño.

Genotipo	PST Cuaspud	AFT Cuaspud	PST Tangua	AFT Tangua				
Criolla Colombia	60.71	A	19215	A	26.14	C	2359.8	A
Criolla Morasurco	102.17	B	28375	AB	63.40	A	4994.5	B
Criolla Mambra	90.60	AB	31771	B	38.98	BC	2770.7	A
Criolla Ratona Morada	111.51	B	33716	B	50.83	AB	2735.6	A
Media	91,24		28269.25		44.83		3215.15	
Tukey	30.202		10380		18.04		1627.2	

**Nota.** Promedios seguidos con la misma letra, no son significativos, Tukey ( $p \leq 0,01$ ).

En este aspecto, cabe mencionar que de acuerdo con Ñustez et al., (2009) la acumulación y dinámica de la materia seca hacia los diferentes órganos de la planta puede diferir entre genotipos

evaluados. Con base en estudios realizados sobre genotipos de papa *Solanum tuberosum* en el municipio de Zipaquirá, Colombia. En estos, se dedujeron diferencias entre variedades y su potencia de demanda o habilidad por parte de los tubérculos en atraer compuestos de carbono desde los órganos fuente. “De esta forma, la magnitud de la potencia de demanda de los tubérculos difiere en el ciclo de desarrollo de cada una de las variedades, especialmente por factores como la competencia entre los vertederos de la planta, que ocurre principalmente en las etapas fenológicas de desarrollo de órganos florales y frutos” (Ñustez, Santos & Segura, 2009, p.4832). Esta situación sugiere que, para el presente estudio aún no se podría definir cuál de los genotipos evaluados podría evidenciar un rendimiento superior en el momento de cosecha. Aún más, cuando tres de los genotipos evaluados corresponden a materiales nativos o semisilvestres, quienes posiblemente no reflejen mayor acumulación de materia seca hacia los tubérculos en este momento (Ñustez, Santos & Segura, 2009; Tinjaca & Rodríguez, 2015).

### **8.1.1. Materia seca total.**

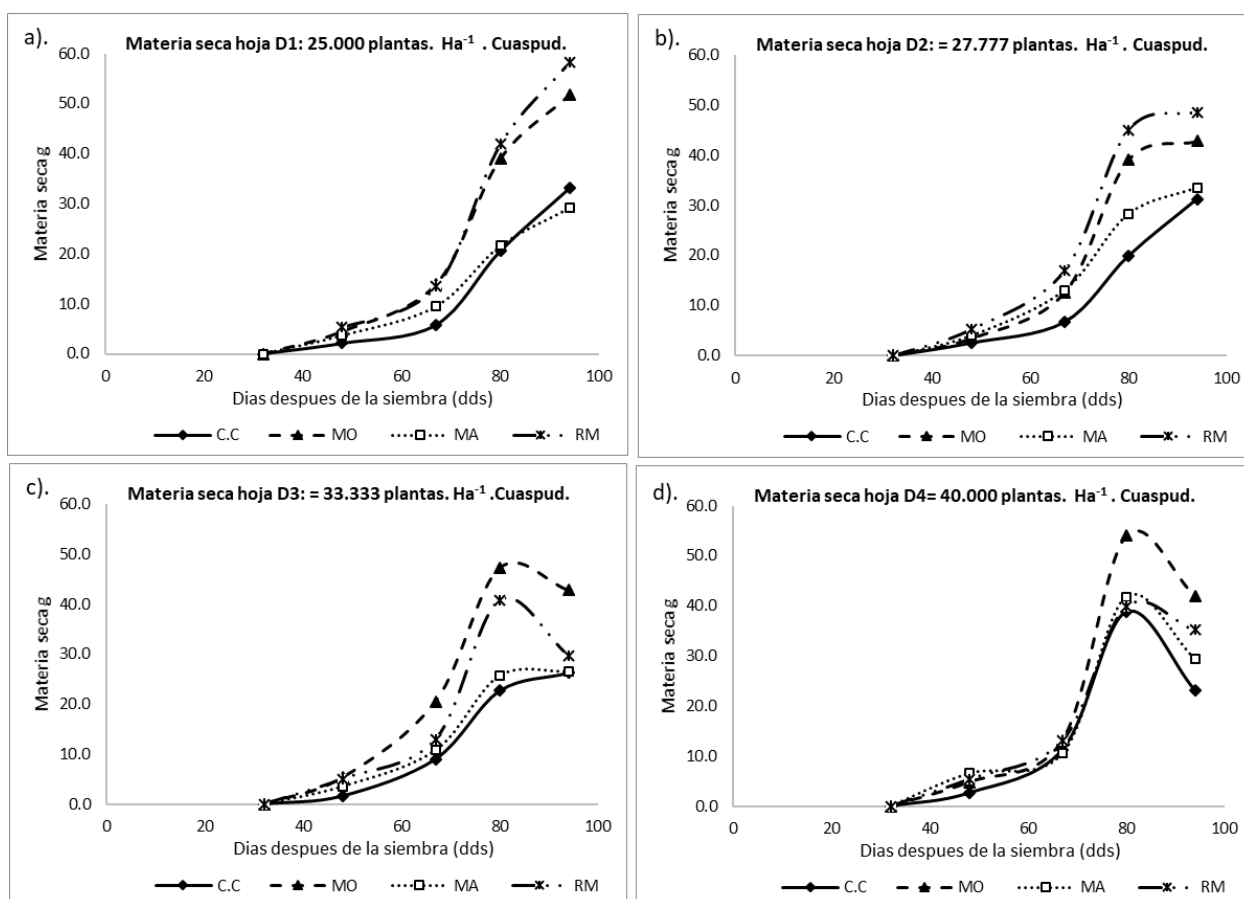
#### **Municipio de Cuaspud.**

El comportamiento de la materia seca por planta se relaciona en la Figura 7. Presentando en la densidad 1 (a) y 2 (b) el mayor peso seco el genotipo RM, seguido de MO, MA y CC, evidenciándose que el mayor aporte a la materia seca lo realizan las hojas para cada genotipo (Figura 3).

En la densidad 3 (c) el genotipo con mayor peso seco para planta completa hasta los 80 dds fue MO, seguido por los genotipos RM, MA y CC, este comportamiento fue similar en la materia seca para los órganos raíz y tallo bajo la misma densidad( Figura 4 y 5 ), a partir de los 80 dds el

genotipo MO disminuye su peso seco total y su peso radicular (Figura 5), En la densidad 4 (d) los genotipos presentaron pesos de mayor a menor en el siguiente orden MO, MA, RM y CC hasta los 80 dds, punto en el cual se incrementa la materia seca total en el genotipo MA, observándose que el mayor aporte a partir de los 80 dds para este genotipo es el tubérculo como se puede ver en el Figura 6.

En todas las densidades se evidencia que todos los genotipos presentan mayor peso seco que CC, este mismo comportamiento se presenta en el peso seco por órgano (raíz y hoja) como se observa en la figura 3 y 5, en cuanto al tallo (figura 4) este comportamiento es similar hasta los 80 dds y se presenta mayor peso seco en las densidades 1 y 2, para las densidades 3 y 4 el peso es menor.



*Figura 3.* Comportamiento gráfico de materia seca de la hoja correspondiente a la evaluación de cuatro genotipos, Criolla Colombia (CC), Criolla Morasurco (MO), Criolla Mamberra, (MA) y Criolla Ratona Morada (RM) para cada densidad en la localidad de Cuaspud. a). Densidad 1: 25.000 plantas. Ha<sup>-1</sup>, b). Densidad 2: 27.777 plantas. Ha<sup>-1</sup>, c). Densidad 3: 33.333 plantas. Ha<sup>-1</sup>, d). Densidad 4: 40.000 plantas. Ha<sup>-1</sup>.

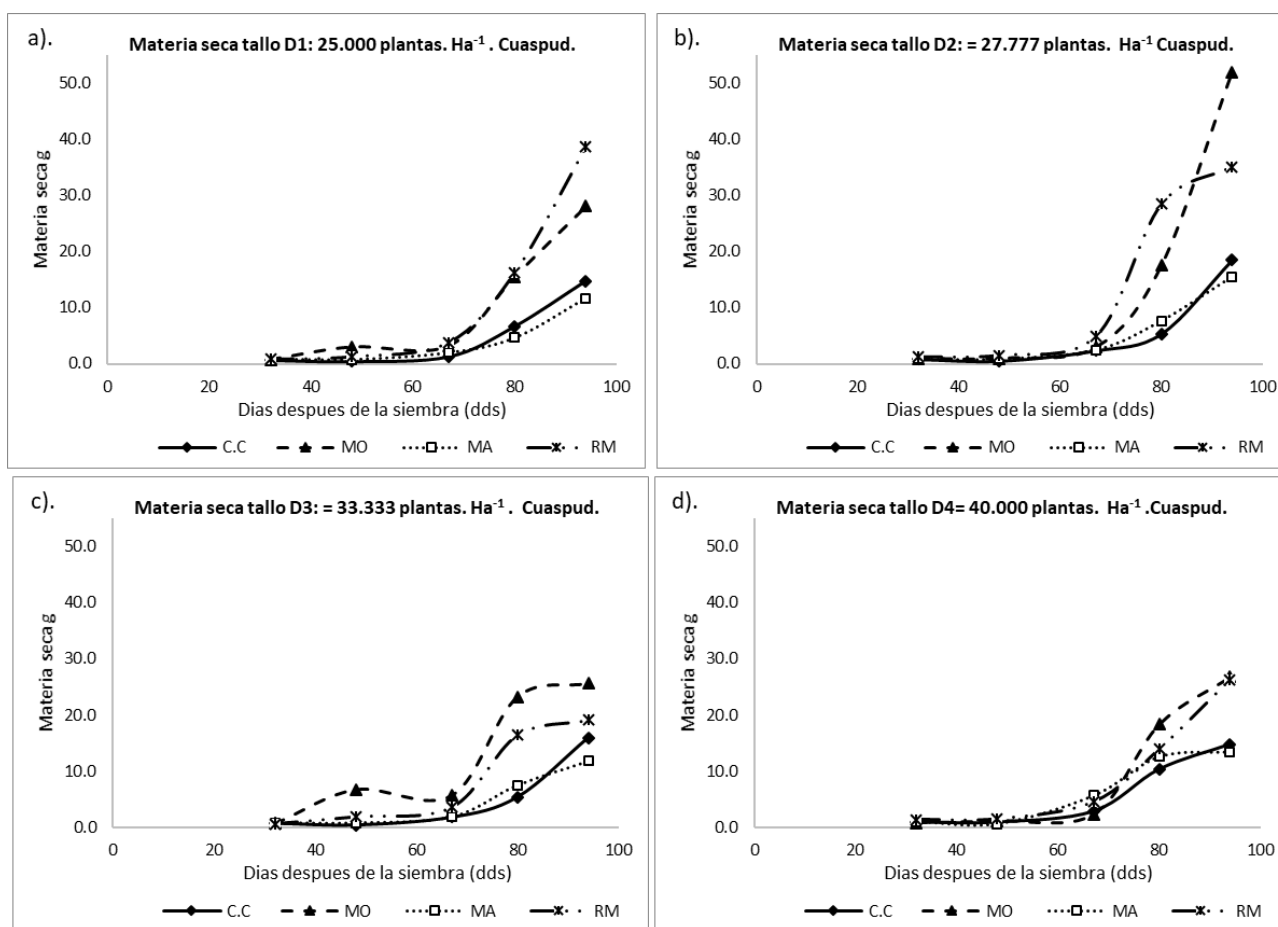


Figura 4. Curvas de materia seca del tallo correspondiente a la evaluación de cuatro genotipos, Criolla Colombia (CC), Criolla Morasurco (MO), Criolla Mambra (MA) y Criolla Ratona Morada (RM) para cada densidad en la localidad de Cuaspud. a). Densidad 1:25.000 plantas. Ha<sup>-1</sup>, b). Densidad 2: 27.777 plantas. Ha<sup>-1</sup>, c). Densidad 3: 33.333 plantas. Ha<sup>-1</sup>, d). Densidad 4: 40.000 plantas. Ha<sup>-1</sup>.

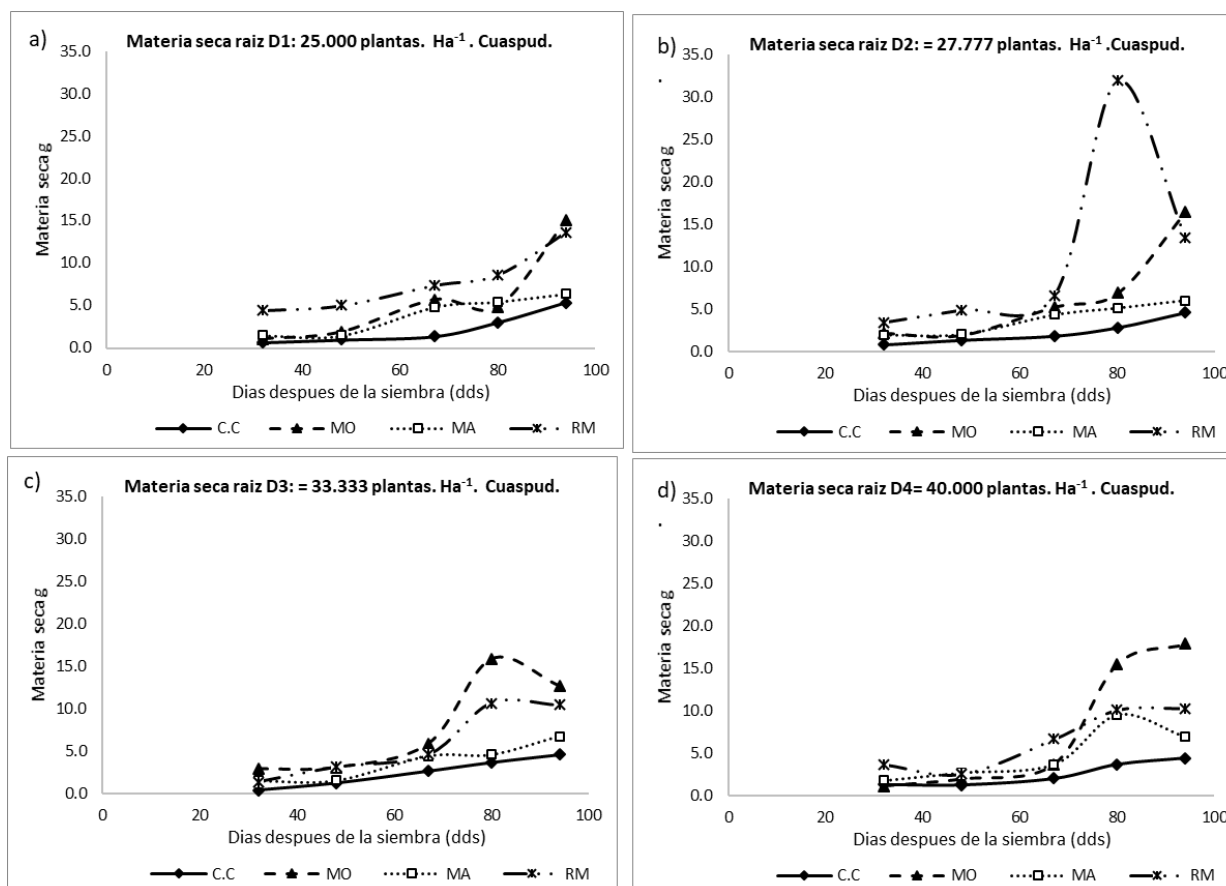


Figura 5 Relación de materia seca de la raíz correspondiente a la evaluación de cuatro genotipos, Criolla Colombia (CC), Criolla Morasurco (MO), Criolla Mambra (MA) y Criolla Ratona Morada (RM) para cada densidad en la localidad de Cuaspud. a) Densidad 1:25.000 plantas. Ha<sup>-1</sup>, b). Densidad 2: 27.777 plantas.Ha<sup>-1</sup>, c) Densidad 3: 33.333 plantas.Ha<sup>-1</sup>, d) Densidad 4:40.000 plantas.Ha<sup>-1</sup>.

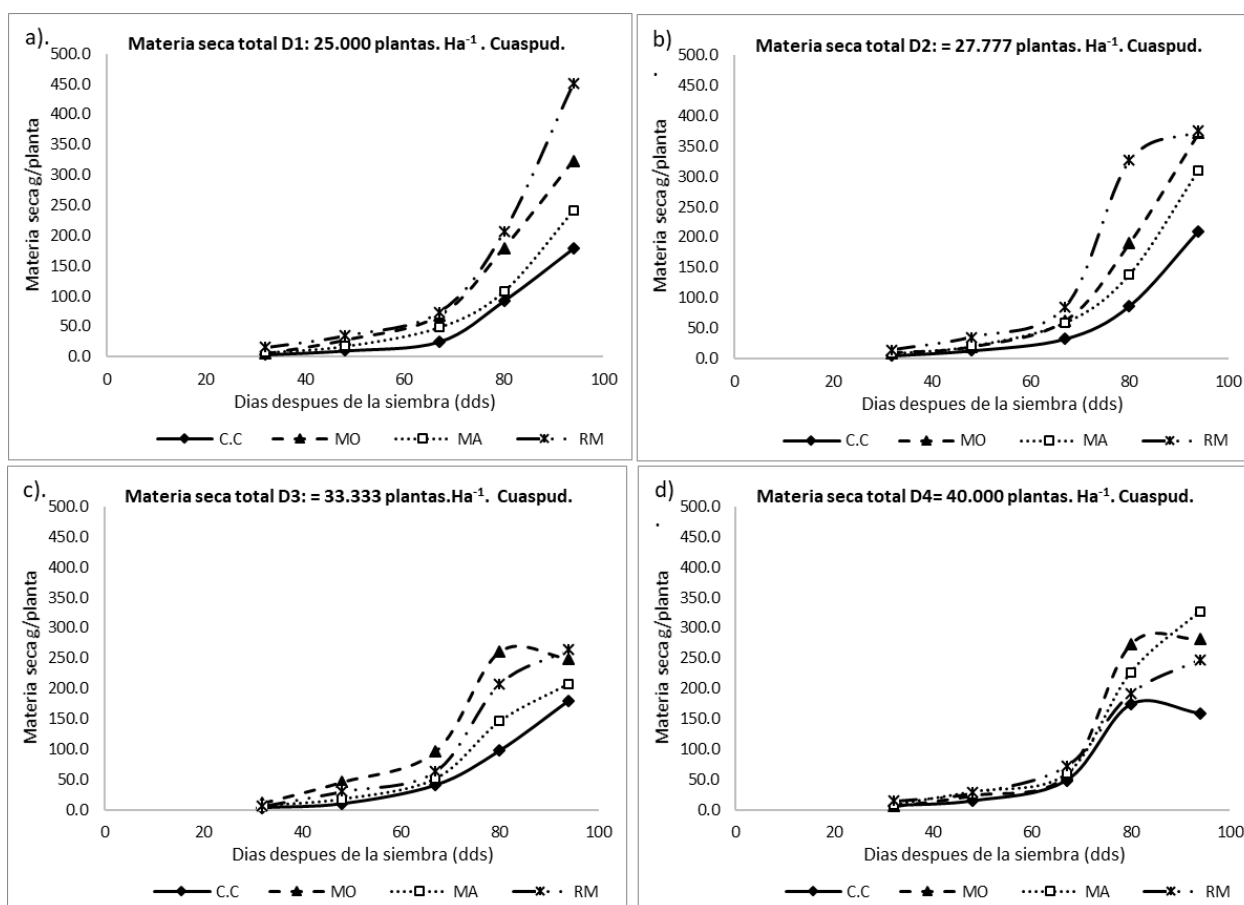


Figura 6. Curvas de materia seca planta completa correspondiente a la evaluación de cuatro genotipos, Criolla Colombia (CC), Criolla Morasurco (MO), Criolla Mamberra, (MA) Criolla Ratona Morada (RM) para cada densidad en la localidad de Cuaspud. a). Densidad 1: 25.000 plantas.Ha<sup>-1</sup>, b). Densidad 2: 27.777 plantas.Ha<sup>-1</sup>, c). Densidad 3: 33.333 plantas.Ha<sup>-1</sup>, d). Densidad 4: 40.000 plantas.Ha<sup>-1</sup>.

### Municipio de Tangua

El comportamiento gráfico de la materia seca total para cada genotipo y densidad en la localidad de Tangua se puede observar en la Figura 12. En esta se evidencia que en las densidades 1 (a), 3 (c) y 4 (d) el genotipo con mayor peso seco total es MO, seguido por RM, MA y CC.

En la densidad 1 (a) el genotipo MA se ubica en peso seco total por debajo de CC debido a que a partir de los 68 dds reduce su peso, de igual forma que en las hojas (Figura 8), en la densidad 2 se evidencia un aumento acelerado en el peso seco total de los genotipos RM, MO y MA comparado con CC que presenta un aumento constante, además a partir de los 68 dds el genotipo RM reduce su peso seco, esta reducción de peso seco se evidencia en todos los genotipos para raíz y hoja (Figura 8 y 10) excepto en CC.

Respecto al peso seco del tubérculo que se observa en la figura 11 en todas las densidades el genotipo MO presenta un inicio de tuberización retardado comparado con los demás, debido a que los genotipos cultivados presentan diferentes patrones de asignación de asimilados y varía la demanda del vertedero o habilidad para acumular compuestos de carbono, estas diferencias en la asignación de asimilados se relacionan con la precocidad o retardo, caso del genotipo MO (Ñustez, Santos & Segura, 2009).

En la densidad 1 (a) los genotipos RM y MO se evidencia un inicio de tuberización en los 55 y 68 dds, mientras que MA y CC lo hacen a los 40 dds, en la densidad 2 (b) MA inicia tuberización antes que RM y CC, en la densidad 3 (c) todos los genotipos presentan valor para tuberización a partir de los 55 dds, de igual forma sucede en la densidad 4 (d) exceptuando el genotipo MO. Flores, Flores & Ojeda (2014) mencionan que después del inicio de formación del tubérculo los asimilados son movilizados desde las hojas y tallo para un posterior engrosamiento de estolones e inicio de tuberización como se observa en los genotipos evaluados.

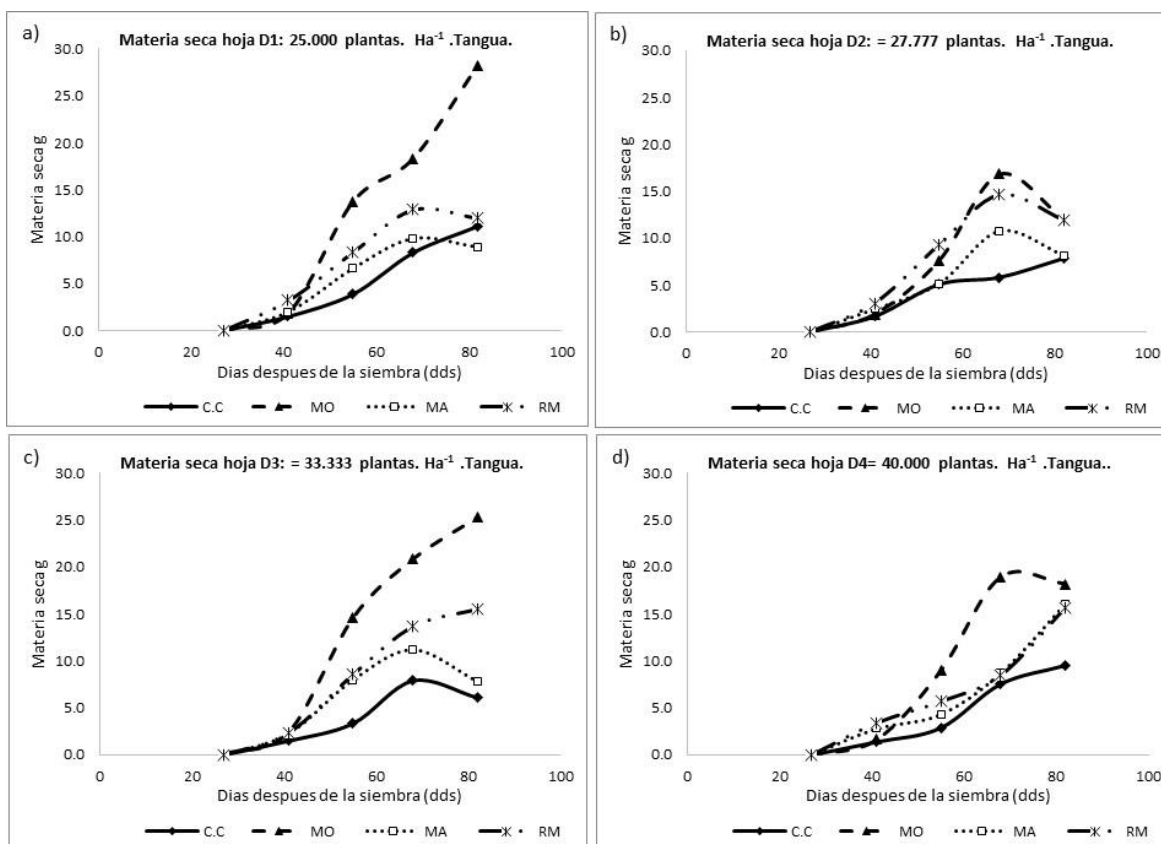


Figura 7. Comportamiento grafico de materia seca de la hoja correspondiente a la evaluación de cuatro genotipos, Criolla Colombia (CC), Criolla Morasurco (MO), Criolla Mambra (MA) y Criolla Ratona Morada (RM) para cada densidad en la localidad de Tangua. a). Densidad 1:25.000 plantas.Ha<sup>-1</sup>, b). Densidad 2: 27.777 plantas.Ha<sup>-1</sup>, c). Densidad 3: 33.333 plantas.Ha<sup>-1</sup>, d). Densidad 4:40.000 plantas. Ha<sup>-1</sup>.

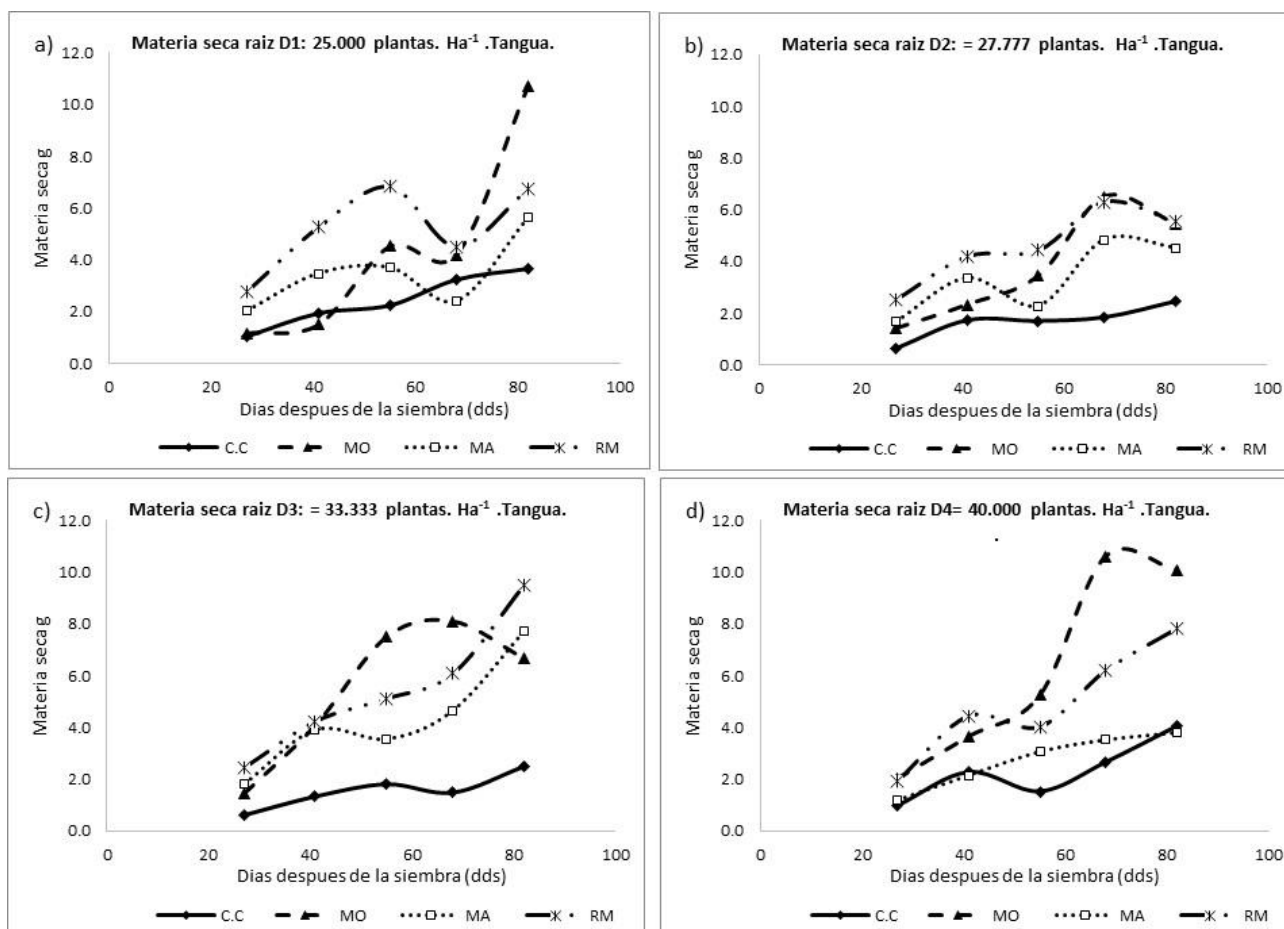


Figura 8. Comportamiento de peso seco de la raíz evaluado en cuatro genotipos, Criolla Colombia (CC), Criolla Morasurco (MO), Criolla Mambera,(MA) y Criolla Ratona Morada (RM) para cada densidad en la localidad de Tangua. a). Densidad 1:25.000 plantas. Ha<sup>-1</sup>, b). Densidad 2: 27.777 plantas. Ha<sup>-1</sup>, c). Densidad 3: 33.333 plantas. Ha<sup>-1</sup>, d). Densidad 4:40.000 plantas. Ha<sup>-1</sup>.

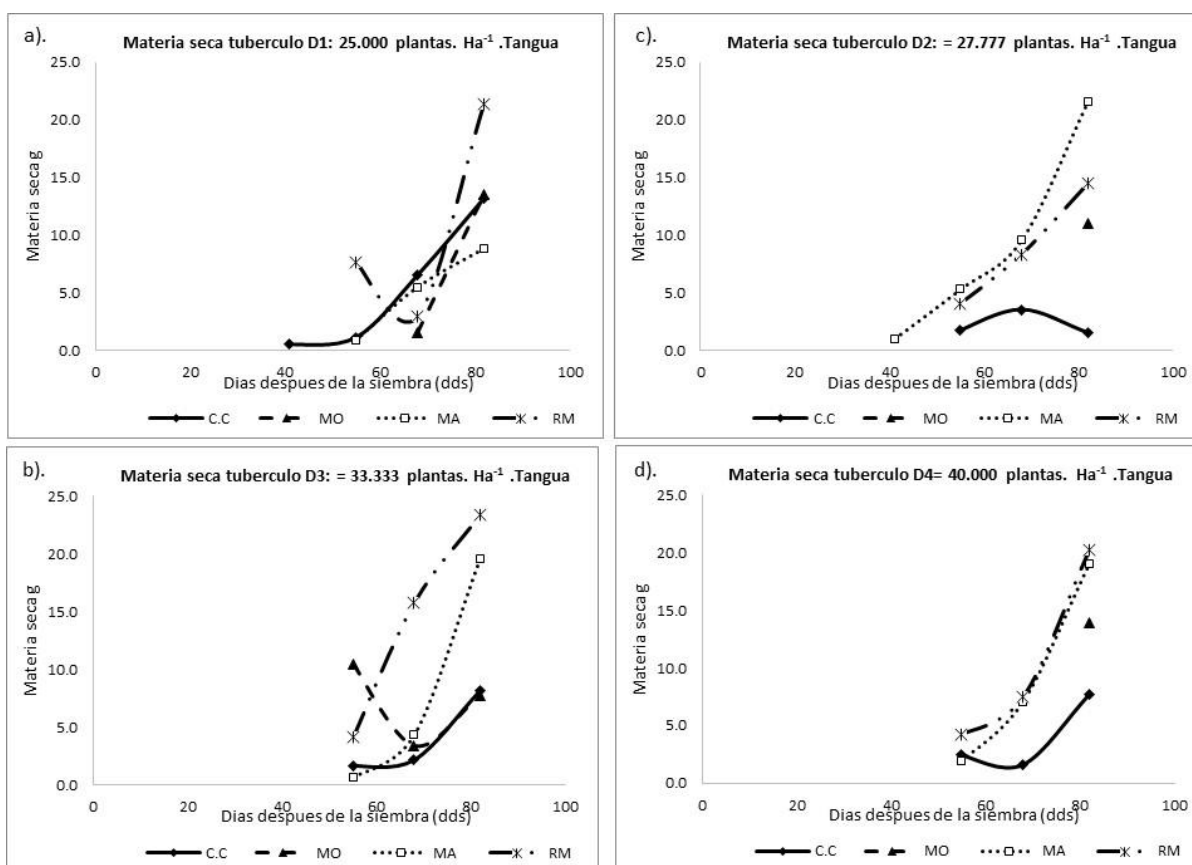


Figura 9 Comportamiento de peso seco del tubérculo evaluado en cuatro genotipos, Criolla Colombia (CC), Criolla Morasurco (MO), Criolla Mambra,(MA) y Criolla Ratona Morada (RM) para cada densidad en la localidad de Tangua. a). Densidad 1:25.000 plantas. Ha<sup>-1</sup>, b). Densidad 2: 27.777 plantas. Ha<sup>-1</sup>, c). Densidad 3: 33.333 plantas. Ha<sup>-1</sup>, d). Densidad 4:40.000 plantas. Ha<sup>-1</sup>.

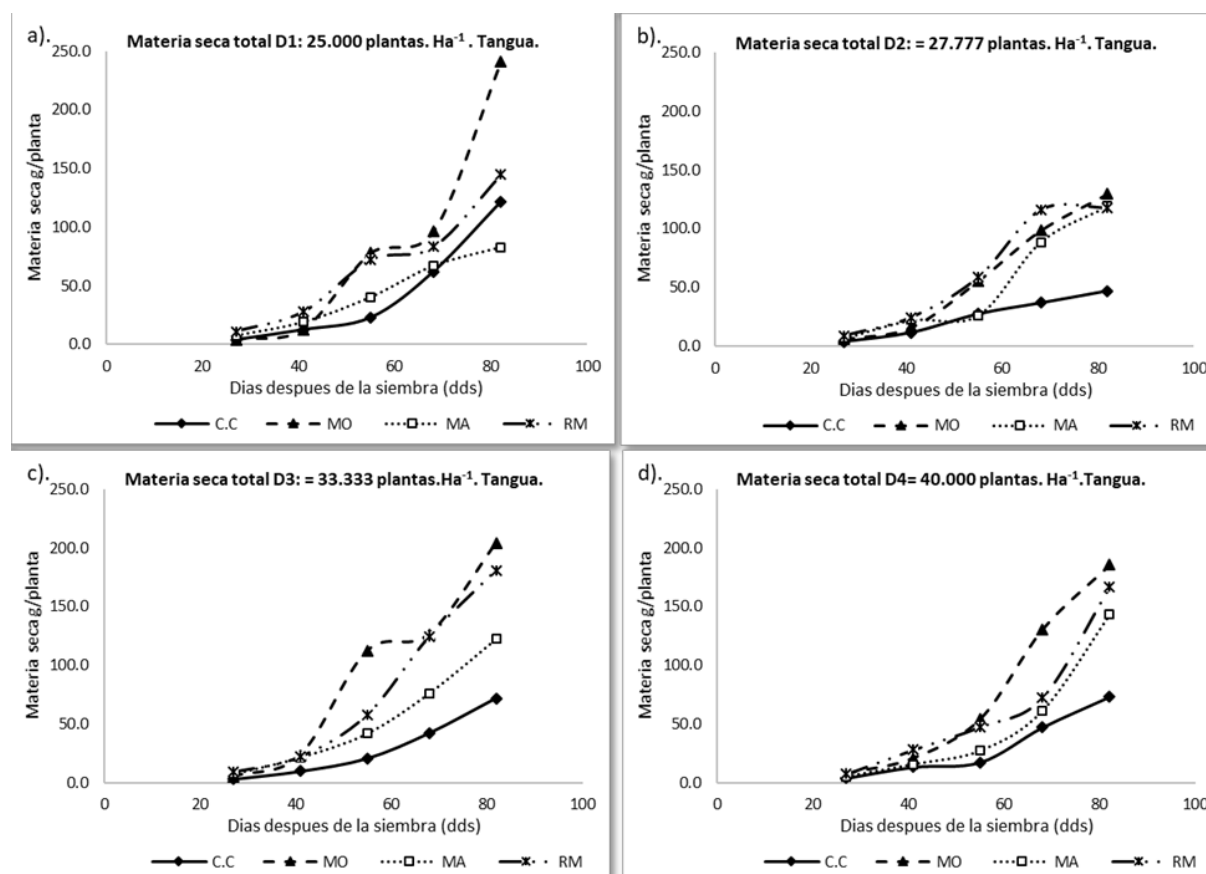


Figura 10. Comportamiento grafico de materia seca planta completa correspondiente a la evaluación de cuatro genotipos, Criolla Colombia (CC), Criolla Morasurco (MO), Criolla Mambra (MA) y Criolla Ratona Morada (RM) para cada densidad en la localidad de Tangua. a). Densidad 1: 25.000 plantas. Ha<sup>-1</sup>, b). Densidad 2: 27.777 plantas. Ha<sup>-1</sup>, c). Densidad 3: 33.333 plantas. Ha<sup>-1</sup>, d). Densidad 4: 40.000 plantas. Ha<sup>-1</sup>.

### Pasto, Vereda cubijan

El comportamiento de la materia seca total para la localidad de cubijan se muestra en la Figura 16. Observando que para la densidad 1 (a) y 2 (b) se incrementa el peso seco en los genotipos a partir de los 55 dds, ubicándose el genotipo MO como el de mayor peso en planta completa, seguido de RM, MA y CC, este comportamiento también se presenta en el peso seco del tallo (Figura 14), en la densidad 3 (c) el aumento en peso seco a partir de los 55 dds se presenta

acelerado solo en el genotipo MO, mientras que en la densidad 4 (d) todos los genotipos aumentan su pesos seco siendo de mayor a menor el peso de los genotipos MO, MA, RM y CC.

Para todos los genotipos y todas las localidades se presenta un crecimiento exponencial en las primeras etapas del cultivo determinado por la TCR, siendo mayor en estas etapas para todos los genotipos, esto concuerda con lo encontrado por Soto, Cortes & Rodriguez (2017) Además los genotipos MO y RM tuvieron los valores mayores para peso seco en planta completa debido a que su crecimiento es de porte alto y semi erecto (Tinjaca & Rodriguez, 2015).

El genotipo CC presenta una menor acumulacion de materia seca por planta de igual forma que en estudios realizados por Castellanos (2010) con una acumulacion maxima de 226,1g en la localidad alta (2859 msnm) y de 168 g en la localidad baja (2572 msnm)- Por otro lado los resultados encontrados hasta el momento del estudio concuerdan con los obtenidos por Cabezas (2000) observando valores entre 171 a 329 g de materia seca por planta en las densidades 27.700 y 41.700 plantas. Ha<sup>-1</sup>.

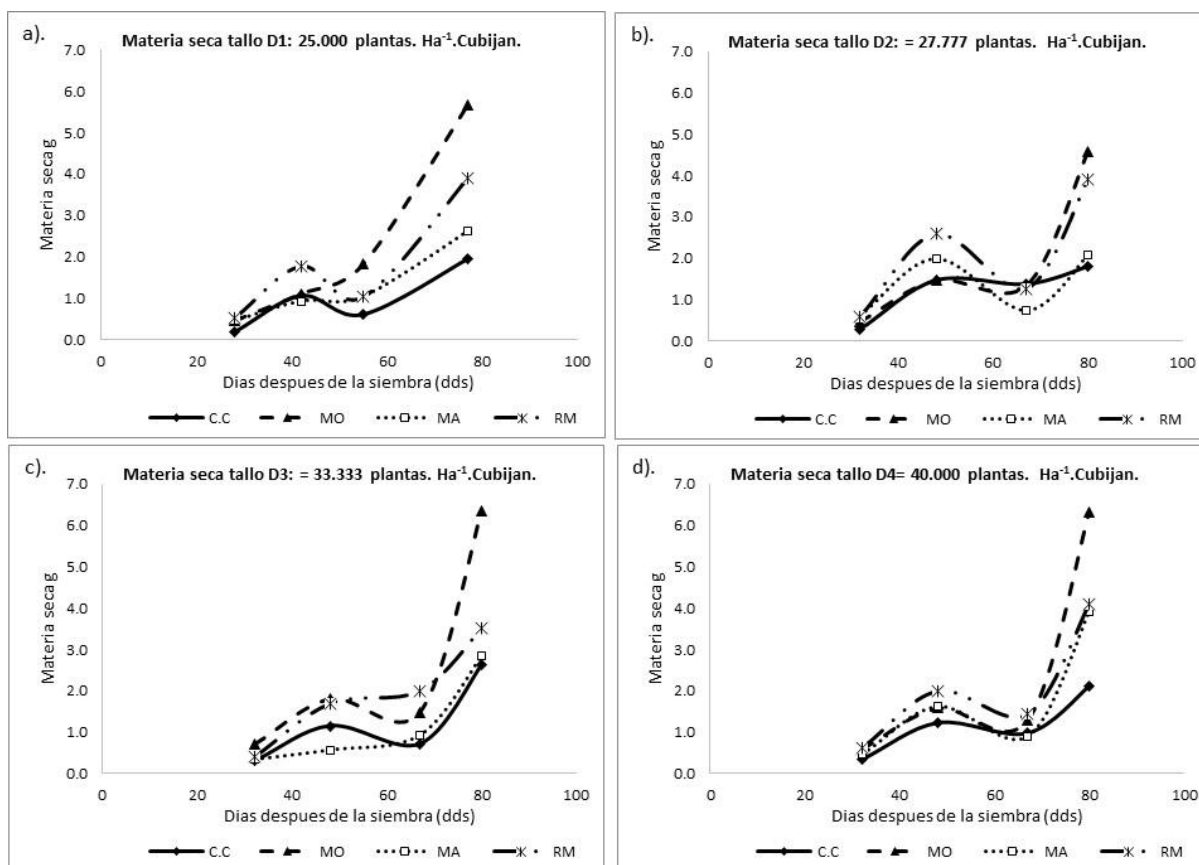


Figura 11. Curva de materia seca del tallo correspondiente a la evaluación de cuatro genotipos, Criolla Colombia (CC), Criolla Morasurco (MO), Criolla Mambra (MA) y Criolla Ratona Morada (RM) para cada densidad en la localidad de Cubijan. a). Densidad 1:25.000 plantas. Ha<sup>-1</sup>, b). Densidad 2: 27.777 plantas. Ha<sup>-1</sup>, c). Densidad 3: 33.333 plantas. Ha<sup>-1</sup>, d). Densidad 4:40.000 plantas. Ha<sup>-1</sup>.

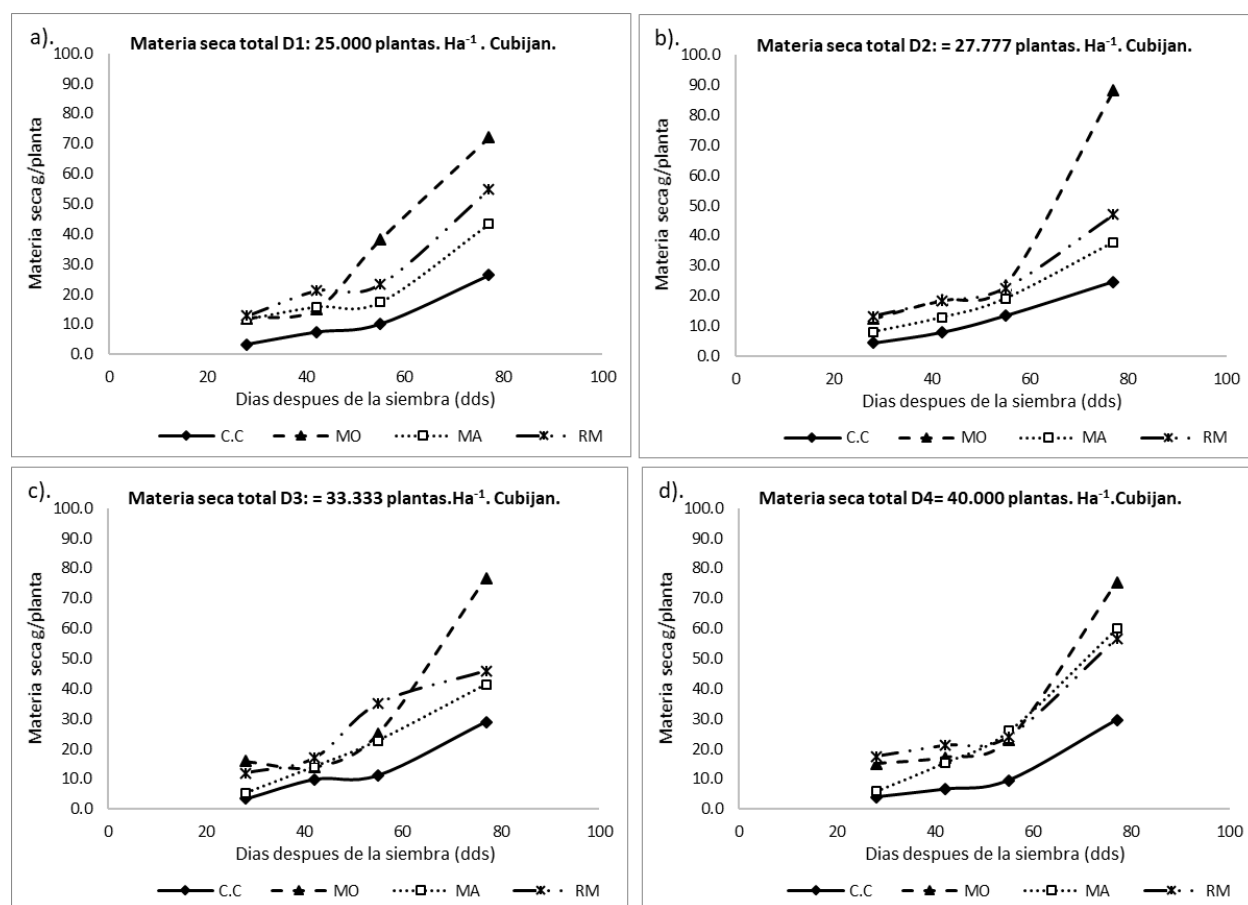


Figura 12. Curvas de materia seca total correspondiente a la evaluación de cuatro genotipos, Criolla Colombia (CC), Criolla Morasurco (MO), Criolla Mambra (MA) y Criolla Ratona Morada (RM) para cada densidad en la localidad de Cubijan. a). Densidad 1:25.000 plantas. Ha<sup>-1</sup>, b). Densidad 2: 27.777 plantas. Ha<sup>-1</sup>, c). Densidad 3: 33.333 plantas. Ha<sup>-1</sup>, d). Densidad 4:40.000 plantas. Ha<sup>-1</sup>.

### Pasto, vereda Botana:

El muestreo correspondiente a botana se obtuvo a los 40 dds, momento en el cual se presentaban brotes desarrollados para separar los órganos, se presenta información de un muestreo ya que fue el último lote sembrado, hasta el momento solo se evidencia peso seco total y por órgano (tallo y raíz) como se muestra en la Tabla 5. donde se puede observar que los genotipos con mayor peso seco para cada densidad fueron: MA que presenta mayor peso en las densidades 27.777 plantas.Ha<sup>-1</sup>

<sup>1</sup> y 33.333 plantas.Ha<sup>-1</sup>, el genotipo RM en la densidad 25.000 plantas.Ha<sup>-1</sup> y en la densidad 40.000 plantas.Ha<sup>-1</sup> el genotipo MO y los de menor peso seco fueron: MA para las densidades 25.000 plantas.Ha<sup>-1</sup> y 40.000 plantas. Ha<sup>-1</sup>, MO en la densidad 27.777 plantas.Ha<sup>-1</sup> y RM en la densidad 33.333 plantas. Ha<sup>-1</sup>.

Tabla 5. **Peso seco total por planta y por órgano: raíz y tallo en cada genotipo y densidad.**

Densidad.	Genotipo.	Peso seco planta	Peso seco raíz	Peso seco tallo
1	CC	12.49	2.34	1.82
1	MA	7.76	1.28	1.30
1	MO	9.52	1.69	1.49
1	RM	14.15	2.40	1.40
2	CC	8.7	1.75	1.15
2	MA	10.12	1.89	1.49
2	MO	7.95	1.27	1.38
2	RM	9.93	1.49	1.82
3	CC	9.54	1.69	1.49
3	MA	11.41	2.19	1.61
3	MO	8.4	1.35	1.45
3	RM	6.09	1.15	0.88
4	CC	11.6	1.96	1.91
4	MA	7.86	1.06	1.56
4	MO	21.19	4.13	1.81
4	RM	9.29	1.58	1.51

**Nota.** Densidad 1: 25.000 plantas.Ha<sup>-1</sup>, Densidad 2: 27.777 plantas. Ha<sup>-1</sup>, Densidad 3: 33.333 plantas.Ha<sup>-1</sup>, Densidad 4:40.000 plantas.Ha<sup>-1</sup>. Los cuatro genotipos evaluados son Criolla Colombia (CC), Criolla Mambera (MA), Criolla Morasurco (MO) y Criolla Ratona Morada (RM).

### 8.1.2. Área foliar total.

El área foliar en la localidad de Cuaspud se presentó similar en todas las densidades, en las densidades 25.000 plantas.Ha<sup>-1</sup> y 27.777 plantas.Ha<sup>-1</sup> el genotipo con mayor área foliar fue RM, seguido por MO, MA y CC, en la densidad 33.333 plantas. Ha<sup>-1</sup> el genotipo con mayor área foliar

fue MO y en la densidad 40.000 plantas.Ha<sup>-1</sup> el genotipo MA, para todas las densidades los genotipos presentaron mayor área foliar comparado con CC.

En la localidad de Tangua el área foliar se determinó desde los 40 a 80dds obteniendo para todas las densidades que el genotipo con mayor área foliar fue MO y el genotipo con menor área correspondió a CC.

Respecto a la localidad de Cubijan la variable fue evaluada desde los 42 hasta los 77 dds. En este periodo evaluado no todos los genotipos tuvieron brotes desarrollados en los mismos dds, este comportamiento se puede deber al ciclo vegetativo del genotipo y los respectivos requerimientos en cuanto a condiciones ambientales (Castellanos, Segura & Ñustes, 2010), el genotipo CC presenta partir de los 55 dds, los demás genotipos presentaron un comportamiento exponencial con mayor área foliar en el genotipo MO.

El aumento en biomasa se realiza a partir de la expansión del área foliar, debido a esto se mantienen los genotipos con mayor y menor contenido de materia seca total en área foliar total, esta es una variable crítica en la productividad del cultivo, siendo la fuente de producción de asimilados que irán al vertedero (Di Benedetto & Tognetti, 2016).

### **8.1.3. Índices de crecimiento:**

Los índices de crecimiento Tasa de crecimiento relativo (TCR), tasa de asimilación neta (TAN) e índice de área foliar (IAF) se graficaron según el número de muestreos realizados hasta el momento, de esta manera se pueden observar los índices de crecimiento calculados en la localidad de Cubijan en la Tabla 6. para los días 42, 55 y 77 dds.

Tabla 6. Índices de crecimiento correspondientes a la localidad de Cubijan por densidad y genotipo.

Densidad	Genotipo	TCR			TAN		IAF	
		42	55	77	55	77	55	77
1	C.C	0.06	0.02	0.04		0.0008		10.72
1	MO	0.02	0.07	0.03	0.0006	0.0006	4.51	8.13
1	MA	0.02	0.01	0.04	0.0000	0.0007	1.88	10.24
1	RM	0.04	0.01	0.04	0.0001	0.0007	2.00	15.49
2	C.C	0.04	0.04	0.03		0.0006		4.80
2	MO	0.03	0.02	0.06	0.0002	0.0011	2.23	21.82
2	MA	0.03	0.03	0.03	0.0002	0.0006	1.98	6.83
2	RM	0.02	0.02	0.03		0.0007		6.83
3	C.C	0.08	0.01	0.04	0.0001	0.0008	0.28	6.16
3	MO	0.01	0.04	0.05	0.0003	0.0010	3.62	10.30
3	MA	0.07	0.04	0.03	0.0003	0.0005	3.67	5.63
3	RM	0.03	0.06	0.01	0.0004	0.0002	6.80	4.96
4	C.C	0.04	0.03	0.05		0.0012		7.25
4	MO	0.01	0.02	0.05	0.0002	0.0010	0.62	20.33
4	MA	0.07	0.04	0.04	0.0003	0.0007	1.09	14.04
4	RM	0.01	0.01	0.04	0.0001	0.0008	1.36	12.99

**Nota.** Tasa de crecimiento relativo (TCR), tasa de asimilación neta (TAN), índice de área foliar (IAF). Criolla Colombia (CC), Criolla Morasurco (MO), Criolla Mambra (MA), Criolla Ratona Morada (RM).

Se evidencia que la TCR en la densidad 1 presenta un comportamiento similar para todos los genotipos, reduciendo este valor a los 55 dds, excepto el genotipo MO que aumenta su TCR, los valores se presentan para todas las densidades entre 0,01 y 0,07, respecto a la TAN y IAF el genotipo CC en todas las densidades y el genotipo RM en la densidad 2 no presentan valores a los 55 dds debido a que no han iniciado el desarrollo de de hojas compuestas, parámetro que se tiene en cuenta en el método destructivo de sacabocado, el genotipo con mayor IAF fue RM en la densidad 1 y MO en las densidades 2,3 y 4.

### 8.1.3.1. Tasa de crecimiento relativo (TCR)

#### Municipio de Cuaspud

El comportamiento de la tasa de crecimiento relativo para cada genotipo y densidad evaluada se presenta en la Figura 4. Mostrando todos los genotipos a partir de los 80 dds todos reducen su TCR, en la densidad 1 (a) los genotipos inician con una tasa de crecimiento relativo elevada que se reduce hasta los 67 dds, luego aumenta hasta los 80 dds, comenzando nuevamente a reducir.

En la densidad 2 (b) los genotipos reducen su tasa de crecimiento relativo hasta los 67 dds excepto el genotipo MO que aumenta hasta los 80 dds, momento en el que la tasa de crecimiento del relativo disminuye para todos los genotipos en todas las densidades, sin embargo en la densidad 3 (c) el genotipo CC inicia la reducción de la TCR desde los 67 dds por lo que se puede determinar que bajo esta densidad puede tener un desarrollo precoz, en la densidad 4 (d) Los genotipos RM y CC aumentan su TCR hasta los 67 dds mientras los genotipos MA y MO disminuyen, en el comportamiento de los genotipos al final según el último muestreo realizado a los 94 dds los genotipos están cerca de completar su ciclo de cultivo por que han reducido considerablemente su TCR en las densidades 3 y 4.

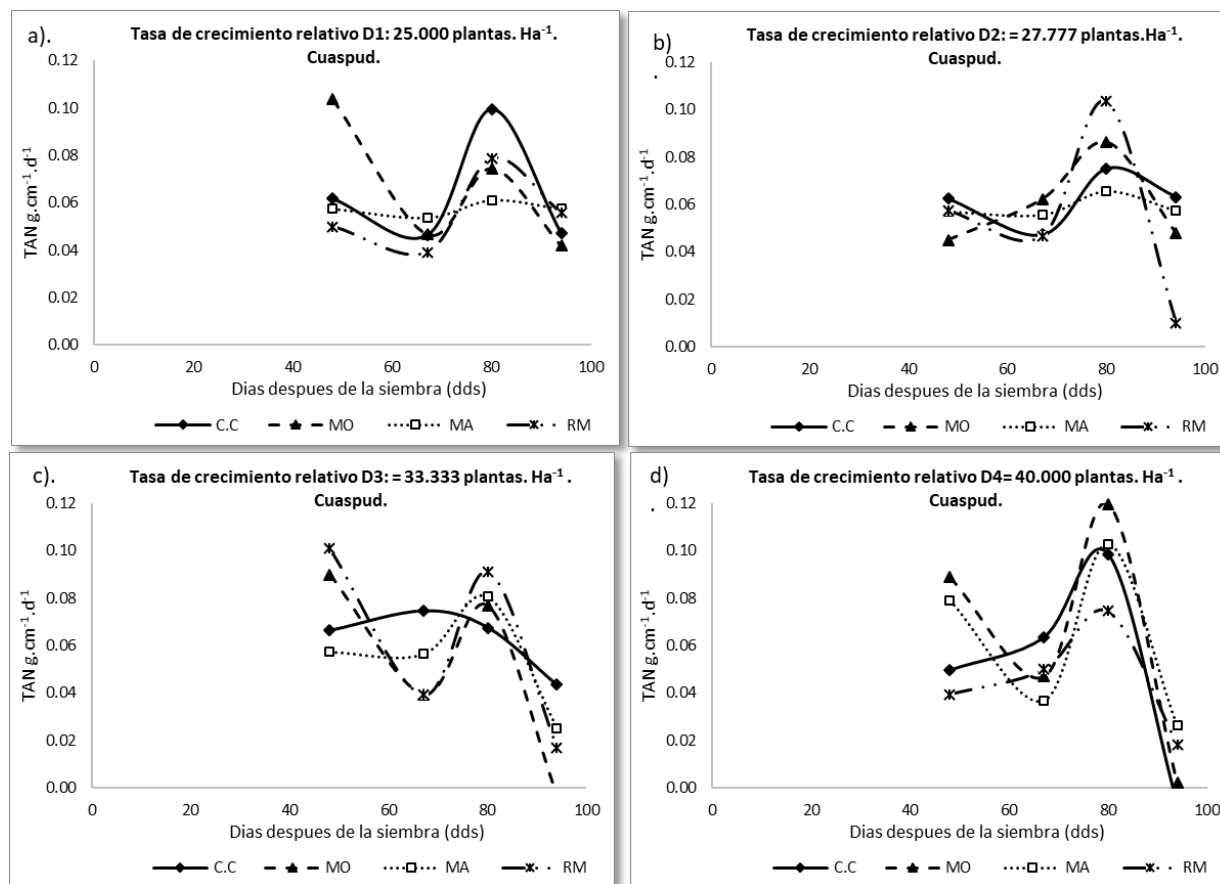


Figura 13. Curvas de la tasa de crecimiento relativo correspondiente a la evaluación de cuatro genotipos, Criolla Colombia (CC), Criolla Morasurco (MO), Criolla Mamberra,(MA) Criolla Ratona Morada (RM) para cada densidad en la localidad de Cuaspud. a). Densidad 1:25.000 plantas. Ha-1, b). Densidad 2: 27.777 plantas. Ha-1, c). Densidad 3: 33.333 plantas. Ha-1, d). Densidad 4:40.000 plantas. Ha-1.

### Municipio de Tangua

La relación de la tasa de crecimiento relativa para la localidad de Tangua se muestra en la figura 5. Donde se puede observar que a los 68 dds la TCR de todos los genotipos es similar entre ellos, pero con diferente valor para cada densidad.

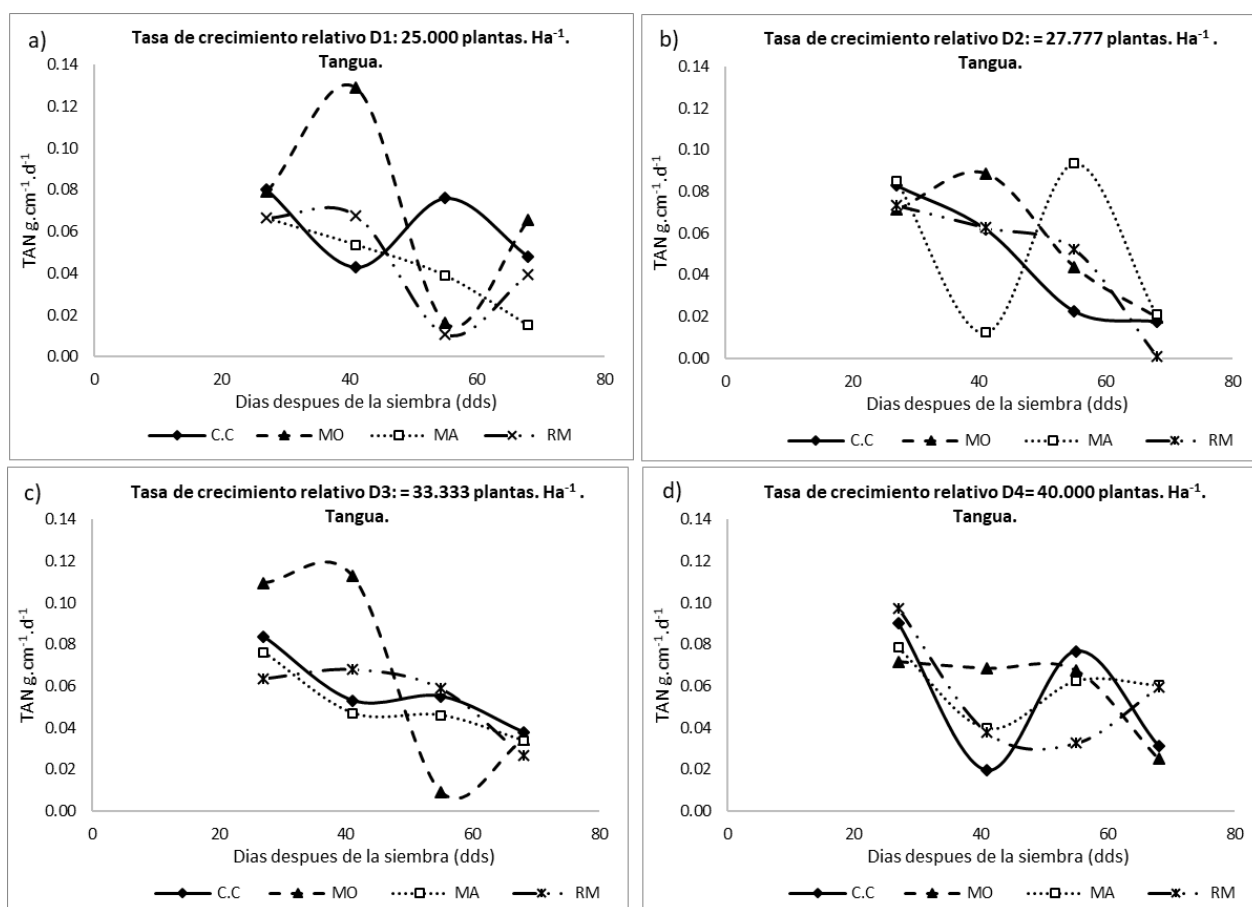


Figura 14 Comportamiento de la tasa de crecimiento relativo correspondiente a la evaluación de cuatro genotipos, Criolla Colombia (CC), Criolla Morasurco (MO), Criolla Mamberra,(MA) Criolla Ratona Morada (RM) para cada densidad en la localidad de Tangua. a). Densidad 1:25.000 plantas. Ha-1, b). Densidad 2: 27.777 plantas. Ha-1, c). Densidad 3: 33.333 plantas. Ha-1, d). Densidad 4:40.000 plantas. Ha-1.

En la densidad 1 (a) los genotipos MO y RM presentan un comportamiento contrario al del genotipo CC, además el genotipo MA con el paso de los dds disminuye considerablemente su TCR, en la densidad 2 (b) los genotipos MO, RM y CC disminuyen su TCR con el paso del tiempo, mientras que el genotipo MA reduce su TCR hasta los 41 dds, aumenta hasta los 42 dds, desde este punto comienza a reducir nuevamente su tasa, en la densidad 3 (c) CC y MA presentan el mismo comportamiento, reduciendo la TCR con el paso de los días, de igual forma sucede con

RM, sin embargo MO comienza la reducción de su TCR desde los 41 dds y vuelve a aumentar en los 55 dds, en la densidad 4 (d) los genotipos CC y MA presentan un comportamiento similar reduciendo su TCR hasta los 41 dds y aumentando desde este punto hasta los 55 dds, volviendo a presentar reducción, el genotipo MO reduce la TCR durante todo el tiempo evaluado.

La reducción en la TCR luego de los 80 dds para Cuaspud y algunos genotipos en la localidad de Tangua pasados los 55 dds y un inicio de tuberización se debe a una reducción en la acumulación de biomasa o materia seca en hojas (reflejado en área foliar) y tallo, pasando a realizar una translocación de nutrientes hacia los órganos de vertedero (Soto , Cortes & Rodriguez, 2017). Este índice nos indica la eficiencia de la planta en acumulación de materia seca a través del tiempo, al respecto estudios realizados por Castellanos (2010) mencionan que los genotipos que inician con una TCR alta presentan una disminución progresiva alcanzando valores cercanos a 0, estos resultados concuerdan con los obtenidos hasta los días de evaluación del presente estudio.

### **8.1.3.2. Tasa de asimilación neta (TAN)**

#### **Municipio de Cuaspud**

En el municipio de Cuaspud se presenta una tasa de asimilación neta desde los 67 hasta los 94 dds presentado en la Figura 6. En el comportamiento de todas las densidades se puede observar que los genotipos reducen su tasa de asimilación neta a partir de los 80 dds, en la densidad 1 (a) todos los genotipos tienen una TAN menor que CC, mientras en la densidad 2 (b) el genotipo con mayor TAN es RM, continuando MO, CC y MA y en la densidad 4 (d) el genotipo con mayor TAN es MO.

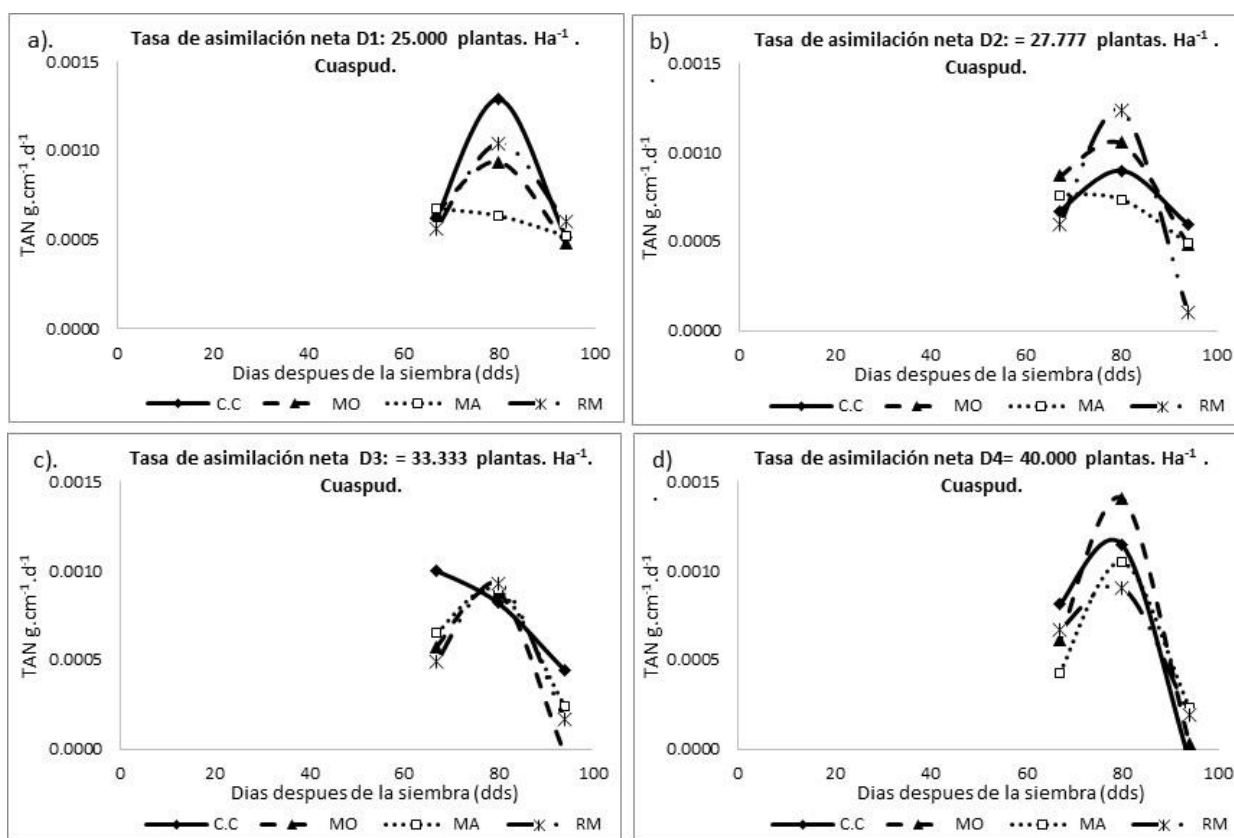


Figura 15 Curva del comportamiento de la tasa de asimilación neta (TAN) correspondiente a la evaluación de cuatro genotipos, Criolla Colombia (CC), Criolla Morasurco (MO), Criolla Mambra, (MA) Criolla Ratona Morada (RM) para cada densidad en la localidad de Cuaspud. a). Densidad 1: 25.000  $\text{plantas}\cdot\text{Ha}^{-1}$ , b). Densidad 2: 27.777  $\text{plantas}\cdot\text{Ha}^{-1}$ , c). Densidad 3: 33.333  $\text{plantas}\cdot\text{Ha}^{-1}$ , d). Densidad 4: 40.000  $\text{plantas}\cdot\text{Ha}^{-1}$

### Municipio de Tangua

La tasa de asimilación neta (TAN), para el municipio de Tangua se presenta en la Figura 7. Se puede observar que el genotipo MO en todas las densidades reduce su TAN con el paso del tiempo, los genotipos MA, RM y CC en las densidades 1 (a) y 3 (c) disminuye su TAN, sin embargo, MA en la densidad 4 (b) aumenta su TAN durante todos los dds ya que bajo esta densidad posiblemente se encuentre mayor eficiencia debido a la cobertura expresada en el follaje por unidad de área de terreno que garanticen mayores índices de fotosíntesis. El follaje como es sabido

se constituye como la principal fuente de fotoasimilados para la producción de materia seca (Morales, Franco & Gonzales, 2011) y en el genotipo CC se evidencia una reducción desde los 55 dds.

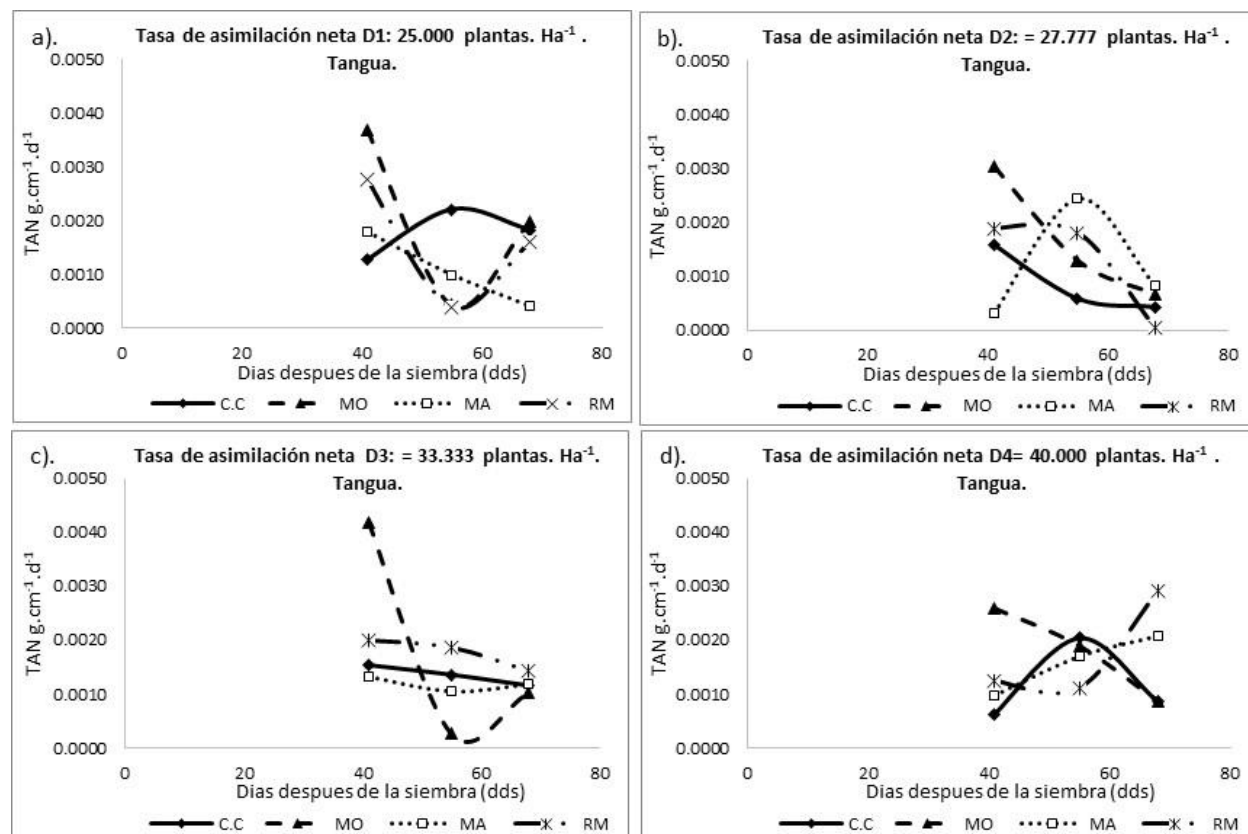


Figura 16. Curva del comportamiento de la tasa de asimilación neta (TAN) correspondiente a la evaluación de cuatro genotipos, Criolla Colombia (CC), Criolla Morasurco (MO), Criolla Mambra, (MA) Criolla Ratona Morada (RM) para cada densidad en la localidad de Tangua. a). Densidad 1: 25.000 plantas.  $\text{Ha}^{-1}$ , b). Densidad 2: 27.777 plantas.  $\text{Ha}^{-1}$ , c). Densidad 3: 33.333 plantas.  $\text{Ha}^{-1}$ , d). Densidad 4: 40.000 plantas.  $\text{Ha}^{-1}$ .

La TAN indica la eficiencia fotosintética de la planta durante su ciclo, en este caso a partir de los 55 dds y 80 dds se reduce de igual forma que sucede con el IAF y TCR, pues al disminuir el área foliar y la distribución de los asimilados hacia los tubérculos se reduce la fuente de captación de radiación fotosintética necesaria para llevar a cabo la producción de fotoasimilados,

esta variable suele ser mayor al inicio del cultivo cuando las plantas no se encuentran sometidas a competencia y tienen mayor captación de radiación (Cabezas & Corchuelo, 2005; Castellanos, 2010).

### **8.1.3.3. Índice de Área Foliar (IAF)**

#### **Municipio de Cuaspud**

En el comportamiento gráfico del IAF del municipio de Cuaspud, no se visualizan diferencias entre las densidades debido a que todos los genotipos aumentan en el IAF hasta los 80 dds y a partir de este momento se reduce como se presenta en la figura 8. Además, se puede observar que en los cuatro genotipos evaluados el IAF está cercano a 0 como ocurre en la TAN.

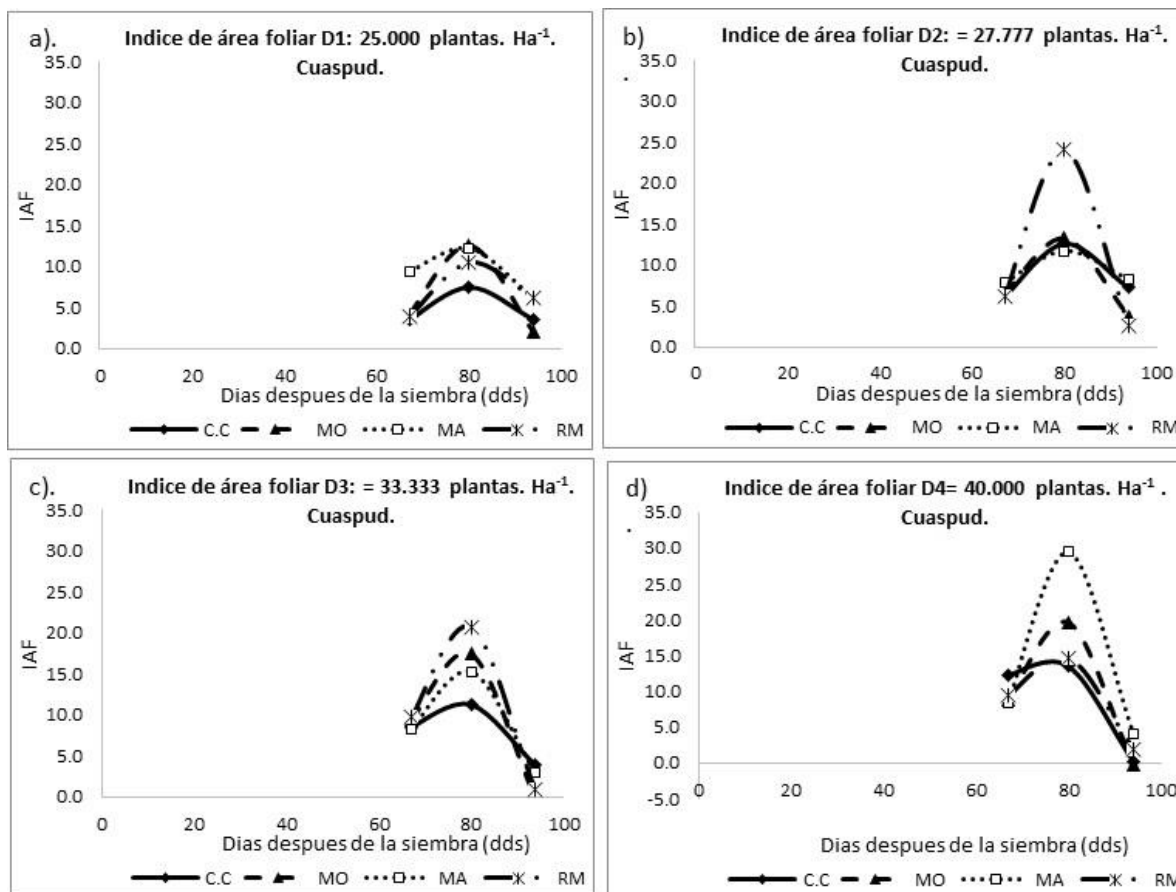


Figura 17 Comportamiento del índice de área foliar (IAF) correspondiente a la evaluación de cuatro genotipos, Criolla Colombia (CC), Criolla Morasurco (MO), Criolla Mambera (MA) Criolla Ratona Morada (RM) para cada densidad en la localidad de Tangua. a). Densidad 1:25.000 plantas. Ha<sup>-1</sup>, b). Densidad 2: 27.777 plantas. Ha<sup>-1</sup>, c). Densidad 3: 33.333 plantas. Ha<sup>-1</sup>, d). Densidad 4:40.000 plantas. Ha<sup>-1</sup>.

### Municipio de Tangua

El índice de área foliar para el municipio de Tangua muestra un comportamiento similar en la densidad 2 (b) y 4 (d) sin embargo los genotipos con mayor IAF no son los mismos, en el caso de la densidad 2 (b) los genotipos muestran un IAF mayor que el genotipo CC y en la densidad 3 los genotipos tienen un IAF menor que el genotipo CC.

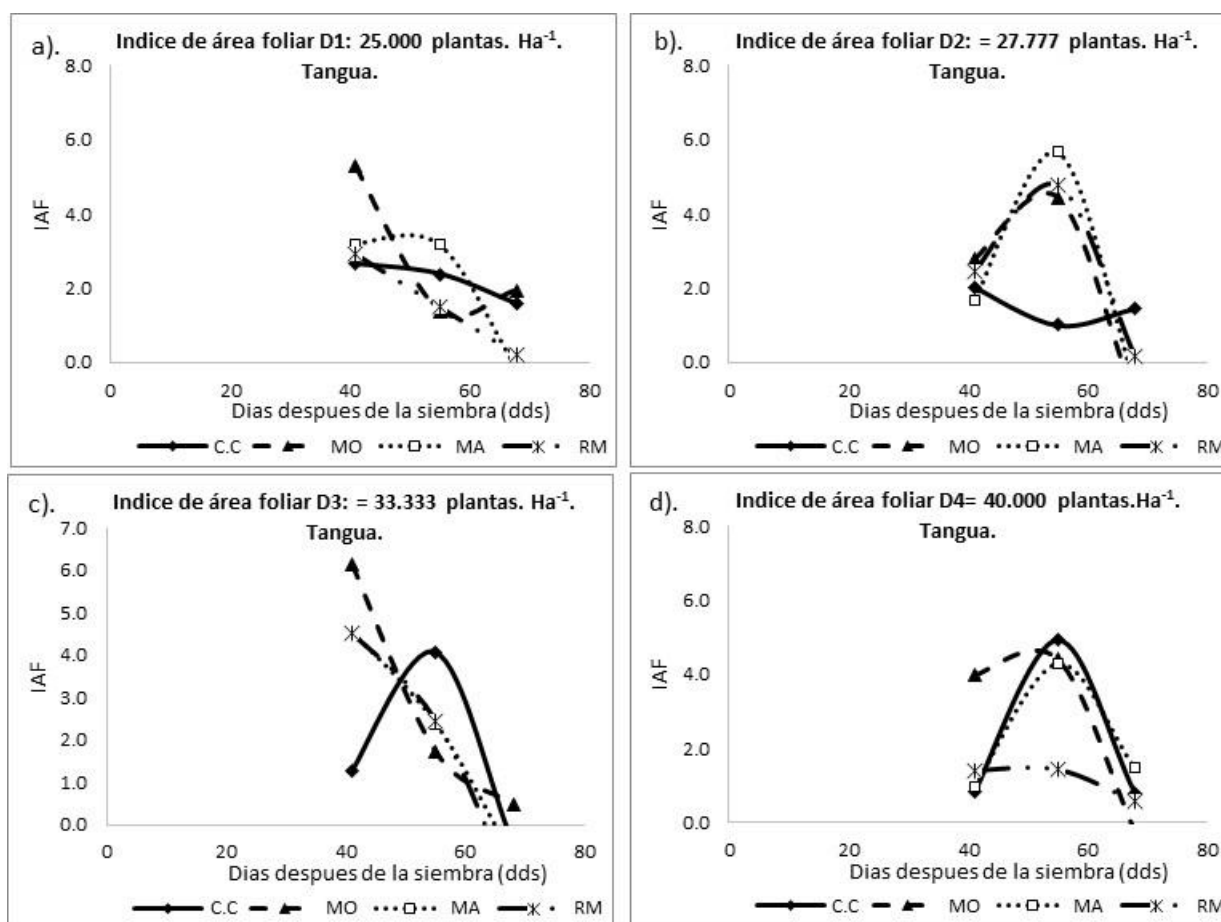


Figura 18 Curvas del índice de área foliar (IAF) correspondiente a la evaluación de cuatro genotipos, Criolla Colombia (CC), Criolla Morasurco (MO), Criolla Mamberra (MA) Criolla Ratona Morada (RM) para cada densidad en la localidad de Tangua. a). Densidad 1:25.000 plantas. Ha<sup>-1</sup>, b). Densidad 2: 27.777 plantas. Ha<sup>-1</sup>, c). Densidad 3: 33.333 plantas. Ha<sup>-1</sup>, d). Densidad 4:40.000 plantas. Ha<sup>-1</sup>.

En la densidad 3 (c) los genotipos reducen su IAF durante el tiempo evaluado, sin embargo, el genotipo CC aumenta su IAF hasta los 55 dds, En la densidad 1 (a) todos los genotipos reducen el IAF, pero el genotipo MO a partir de los 55 dds presenta un aumento en la variable.

Como se mencionó anteriormente el IAF se reduce producto de una translocación de fotoasimilados hacia las raíces para el engrosamiento de estolones y tubérculos en formación, además los valores de los IAF para el genotipo CC no superan el valor máximo encontrado por Cabezas & Corchuelo (2005) y se encuentran entre los rangos 5 y 6 reportados por Gonzalez & Romero (2000) para *S. phureja* bajo las densidades de siembra de 33.000 y 40.000 plantas. Ha<sup>-1</sup>, sin embargo en los demás genotipos evaluados superan los valores posiblemente por el hábito de crecimiento de estos, siendo genotipos de porte alto y con gran producción de follaje (Tinjacá & Rodríguez, 2015), además el IAF puede variar según el tamaño, forma de la hoja y la distribución del dosel de la planta (Castellanos, 2010).

#### **8.1.4. Tiempo fisiológico: Grados día**

En los parámetros climáticos monitoreados mediante la estación meteorológica se obtuvo que para el periodo de evaluación en Tangua la temperatura promedio fue 17,4°C, la temperatura mínima 16,8°C, la máxima 18,1°C y una precipitación de 84,74 mm, en la localidad de Cubijan la temperatura promedio fue 9,5°C, la temperatura máxima 9,9°C, la temperatura mínima 9,06°C y la precipitación 91,71 mm, en Cuaspud se presentó una precipitación de 76,2 mm, una temperatura media de 10,1°C, la temperatura mínima fue 9,6°C y la máxima 10,6°C; bajo estos parámetros se calcularon los GDA para cada genotipo.

Tabla 7. Grados día acumulados para completar la fase de emergencia y floración desde la siembra para los cuatro genotipos estudiados.

Genotipo.	GDA Emergencia	GDA Floración
CC	70.6	268.6
MA	59.7	280.7
MO	59.7	270.9
RM	45.6	200.6

**Nota.** Criolla Colombia (CC), criolla Mambera (MA), Criolla Morasurco (MO) y criolla Ratona Morada (RM). GDA: grados día acumulados

En la tabla se pueden observar los grados día acumulados que requiere cada genotipo para llegar a emergencia y floración, se evidencia que RM es el genotipo que requiere menor tiempo calórico para completar la emergencia y floración respecto a los demás genotipos, MO y MA presentan el mismo requerimiento para llegar a la fase de emergencia sin embargo los GDA varían para completar la etapa de floración, pues en el genotipo MO requiere menor acumulación de temperatura que en MA.

Entre las etapas críticas del desarrollo del cultivo de papa se encuentran la emergencia y floración, es por ello que conocer la fenología del cultivo en términos de GDA es importante para el manejo agronómico, permitiendo utilizar insumos de forma óptima y planificar el cultivo bajo diferentes condiciones climáticas, esto se logra debido a que la fenología tomada en dds puede variar con una mayor o menor temperatura, variable que incide en la velocidad de las reacciones, sin embargo los grados día no varían entre una zona y otra (Flores, Flores & Ojeda , 2014).

## 8.2. Contenido de clorofila.

El contenido de clorofila se determinó para la localidad de Cuaspud en cada densidad y genotipo como se presenta en la tabla 8, indicando que la concentración del contenido de clorofila se refleja sin variación entre las densidades, pero entre genotipos se evidencia que criolla Morasurco tiene mayor contenido de clorofila en las cuatro densidades.

Tabla 8. **Contenido de clorofila para los genotipos evaluados por densidad en la localidad de Cuaspud.**

Densidad	Genotipo	Contenido de clorofila. mg. m <sup>2</sup>
1	C.C	398
1	MA	398
1	MO	507
1	RM	448
2	C.C	434
2	MA	442
2	MO	484
2	RM	442
3	C.C	451
3	MA	399
3	MO	501
3	RM	442
4	C.C	447
4	MA	391
4	MO	496
4	RM	444

**Nota.** Criolla Colombia (CC), Criolla Morasurco (MO), Criolla Mambera, (MA) Criolla Ratona Morada (RM) para cada densidad en la localidad de Tangua. Densidad 1: 25.000 plantas. Ha<sup>-1</sup>, Densidad 2: 27.777 plantas. Ha<sup>-1</sup>, Densidad 3: 33.333 plantas. Ha<sup>-1</sup>, Densidad 4: 40.000 plantas. Ha<sup>-1</sup>.

De acuerdo con lo expuesto aunque la variabilidad entre los valores de contenido de clorofila sea baja, se evidencia diferencia en la tasa de asimilación neta demostrando que el contenido de clorofila no necesariamente refleja una mayor o menor tasa fotosintética, algunos

estudios indican que para que exista un cambio significativo en el contenido de clorofila las plantas deben ser sometidas a cambios extremos de luminosidad, pues al estar expuestas a una intensidad lumínica determinada se condicionan a este factor (Casierra, 2007), aunque el contenido de clorofila depende de la luminosidad, este puede ser afectado por factores bióticos o abióticos, de igual forma puede variar con la edad de la hoja, su grosor o la posición en la que esta se encuentre.

## 9. CONCLUSIONES

- En las densidades e interacción densidad por genotipo no se encontraron diferencias de materia seca total y área foliar total, sin embargo, en estas variables los genotipos evidenciaron comportamiento diferencial presentando mayor acumulación en el genotipo Criolla Morasurco y menor en el genotipo Criolla Colombia.
- Los valores de TCR, IAF y TAN en las localidades de Cuaspud y Tangua a partir de los 80 y 55 dds, respectivamente se reducen considerablemente debido a la translocación de fotoasimilados desde la parte aérea de la planta hacia el vertedero.
- Los GDA permiten establecer el requerimiento térmico de cada genotipo para alcanzar una etapa fenológica y no varía según el lugar de siembra, el genotipo más precoz es Criolla Ratona morada tanto para emergencia como floración y el genotipo con mayor necesidad de tiempo calórico es Criolla Colombia para alcanzar emergencia y Criolla Mambera para completar floración.
- El contenido de clorofila no se relaciona con una mayor o menor tasa fotosintética ya que puede variar por factores bióticos, abióticos o aspectos relacionados con la hoja de la planta.

## 10. RECOMENDACIONES.

Para próximas investigaciones se hace necesario profundizar en variables fisiológicas que permitan relacionar contenidos de clorofila, conductancia estomática y capacidades fotosintéticas de los genotipos evaluados ya que posiblemente debido a la naturaleza semisilvestre de las especies estas condiciones podrían variar afectando su comportamiento en un sistema de cultivo tradicional. Además, se hace necesario continuar con los estudios acerca de parámetros del comportamiento agronómico para llegar a dar lucidez sobre el manejo agronómico para los genotipos.

## 11. BIBLIOGRAFÍA

- Agronet. (2016). *Cifras estadísticas agrícolas*. Recuperado el 29 de agosto de 2018, de <http://www.agronet.gov.co/estadistica>.
- Alonso, J. (28 de 11 de 2014). *Consumo y mercadeo de la papa*. Obtenido de Consumo y mercadeo de la papa: <https://consumoymercadodepapa.wordpress.com/2014/11/28/consumo-y-mercadeo-de-la-papa-en-colombia/>
- Alvarado, A. & Ramirez, A. (2016). *Respuesta de la papa criolla (Solanum phureja) a diferentes aplicaciones de fertilizante organico mineral en Bogota, Cundinamarca. (Tesis de pregrado)*. Bogota D.C: Universidad de ciencias aplicadas y ambientales .
- Ariza, A. (2017). *Respuestas fisiológicas, bioquímicas y rendimiento en tres variedades de papa criolla (Solanum tuberosum grupo Phureja) en deficit hidrico (Tesis de maestria)*. Bogota D.C. Obtenido de <http://bdigital.unal.edu.co/60953/1/D%C3%A9ficit%20h%C3%ADdrico%20en%20papa%20criolla.pdf>
- Barrera, J. Melgarejo, M. & Suarez, D. (2010). Analisis de crecimiento en plantas. *ResearchGate*, 25-30. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/258627338\\_ANALISIS\\_DE\\_CRECIMIENTO\\_EN\\_PLANTAS](https://www.researchgate.net/publication/258627338_ANALISIS_DE_CRECIMIENTO_EN_PLANTAS)
- Cabezas, M. & Corchuelo, G. (2005). Estimacion de la interceptacion de la radiacion solar en papa criolla (Solanum phureja Juz. et Buk) en tres localidades Colombianas. *Redalyc*, 23(1), 62-72. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180316951010>

- Capezio, S. & Huarte, A. (2013). Cultivo de papa. *ResearchGate*, 172-202. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/256195293\\_Cultivo\\_de\\_papa](https://www.researchgate.net/publication/256195293_Cultivo_de_papa)
- Casierra, F. (2007). Respuesta fisiológica de los vegetales al estrés por exceso de luz. *Revista colombiana de ciencias hortícolas*, 114-123.
- Castellanos, M. (2010). *Evaluación del crecimiento, desarrollo y componentes de rendimiento de cuatro cultivares de papa criolla en dos localidades del departamento de Cundinamarca (Tesis de postgrado)*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C.
- Castellanos, M. Segura, M. & Ñustes, E. (2010). Análisis de Crecimiento y Relación Fuente-Demanda de Cuatro Variedades de Papa. *scielo*, 63(1), 5253-5266. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v63n1/a04v63n01.pdf>
- Castro, P. (2015). *Análisis de crecimiento y acumulación de biomasa en tomillo (Thymus vulgaris L.) (Tesis de pregrado)*. La Paz, Baja California del Sur: Universidad autónoma de Baja California Sur.
- Di Benedetto, A. & Tognetti, J. (2016). Técnicas de análisis de crecimiento de plantas: su aplicación a cultivos intensivos. *Scielo*, 42(3), 1-25. Obtenido de <http://www.scielo.org.ar/pdf/ria/v42n3/v42n3a07.pdf>
- Diazgranados, C. & Chaparro, A. (2007). Desarrollo de un sistema de regeneración de papa criolla ( *Solanum phureja* Juz et Buck) var. Yema de huevo clon 1. *Agronomía Colombiana*, 25(1), 7-15. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/agc/v25n1/v25n1a02.pdf>
- El espectador. (20 de 07 de 2017). El renacer de las papas nativas. *El espectador*. Obtenido de <https://www.elespectador.com/noticias/nacional/el-renacer-de-las-papas-nativas-articulo-704034>
- Espinosa, J. (2004). *Índices de eficiencia productiva en el cultivo de 12 genotipos de melón (Cucumis melo) bajo condiciones de campo (Tesis de pregrado)*. Buena Vista, México: Universidad autónoma agraria Antonio Nariño .
- FEDEPAPA. (2017). *Boletín regional 2017*. Bogotá D.C: Federación Colombiana de productores de papa.
- Flores, H., Flores, H. & Ojeda, W. (2014). Predicción fenológica del cultivo de papa mediante tiempo térmico. *Rev. Fitotecnia Mexicana*, 37(2). Obtenido de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-73802014000200006](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802014000200006)

- Gonzalez, J. & Romero, H. (2000). *Incidencia de la época de aporque sobre la papa criolla bajo tres densidades de siembra en dos localidades (Tesis de pregrado)*. Bogota. D.C. Universidad de ciencias aplicadas y ambientales.
- Granitto, M. (2017). *Curso de horticultura y floricultura*. Buenos Aires, Argentina: Universidad Nacional de La Plata.
- Guerrero, R. (1998). *Fertilizacion de cultivos en clima frio* (Segunda edicion ed.). Bogota D.C.: Monomeros Colombo Venezolanos S.A (E.M.A).
- Gutierrez, N. & Diaz, A. (2013). Evaluación sensorial de papa criolla ( Solatium phureja ) congelada criogénicamente. *Ingenieria y region*, 10, 143-148. Obtenido de <https://www.journalusco.edu.co/index.php/iregion/article/view/766/1470>
- Huamán, Z. & Spooner. (2002). Reclassification of landrace populations of cultivated potatoes (Solanum sect. Petota). *Amer.J.Bot*, 947-965.
- International potato center (CIP). (2018). *International potato center (CIP)*. Recuperado el 29 de 08 de 2018, de <https://cipotato.org/es/potato/>
- Madroñero , C., Rosero , E., Rodriguez, E., Navia, F. & Benavides , A. (2013). Caracterización morfoagronomica de genotipos promisorios de papa criolla (solanum tuberosum l.grupo andigenum) en nariño. *Revista temas agrarios*, 18(2), 4823-4834. doi: <https://doi.org/10.21897/rta.v18i2.716>
- Madroñero, C. & Rosero, E. (2011). *Caracterizacion morfoagronomica de 101 genotipos promisorios de pap criolla (Solanum tuberosum Grupo Andigenum) en el municipio de pasto, Nariño (Tesis de pregrado)*. Universidad de Nariño, Pasto, Nariño.
- Mendez, C. (2015). *Edad fisiologica de los cultivos: El uso de grados dia*. Costa Rica: ProNAP.
- Morales , J., Franco, O. & Gonzales , A. (2011). Snap bean production using sunflowers as living trellises in the central high valleys of Mexico. *Ciencia e investigacion agraria*. doi:<http://dx.doi.org/10.7764/rcia.v38i1.127>
- Muñoz , A. & Lucero, M. (2008). Efecto de la fertilizacion organica en el cultivo de papa criolla Solanum phureja. *Agronomia Colombia*, 26(2), 1-7. Obtenido de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/13520/14203>
- Navaz, G., Zapata, J. & Tamayo, C. (2010). *Manejo tecnico del cultivo de papa criolla con fines industriales: Experiencias en el departamento de antioquia*. Antioquia: Corpoica, C.I. La selva.
- Nemutanzhela, V., Modise, M., Siyoko, J. & Kanu, A. (2017). Assessment of Growth, Tuber Elemental Composition, Stomatal Conductance and Chlorophyll Content of Two Potato

- Cultivars Under Irrigation with Fly Ash-Treated Acid Mine Drainage. *The Potato Association of America*, 367-378. doi:DOI 10.1007/s12230-017-9572-6
- Ñustez, E., Santos, M. & Segura, M. (2009). Acumulacion y distribucion de materia seca de cuatro variedades de papa en Zipaquira, Cundinamarca (Colombia). *Facultad Nacional de Agronomia Medellin*, 62(1), 4823-4834. Obtenido de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/24881/36728>
- Parra, A., Fischer, G. & Chaves, B. (2015). Tiempo termico para estados fenologicos reproductivos de la freijoa. *Acta biologica Colombiana*, 20(1), 163-173. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/3190/319033067017.pdf>
- Parra, M. & Ortiz, L. (2017). *Identificacion de CYP707A1 en la sintesis de ABA involucrada en la respuesta por estres hidrico en un cultivo de papa criolla (Solanum tuberosum grupo phureja) irradiada con cobalto 60 (tesis de pregrado)*. Universidad distrital Francisco Jose de Caldas, Bogota.
- Perez, I., Rodriguez, L. & Gomez, M. (2008). Efecto del fraccionamiento de la fertilización con N, P, K y Mg y la aplicación de los micronutrientes B, Mn y Zn en el rendimiento y calidad de papa criolla (*Solanum phureja*) variedad Criolla Colombia. *Agronomia colombiana*, 26(3), 477-478.
- Pino, T. (2016). *Estres hidrico y termico en papas, avances y protocolos*. Santiago, Chile: INIA.
- Piñeros, J. (2009). Recopilacion de la investigacion del sistema productivo papa criolla. Secretaria de agricultura y desarrollo economico (governacion de Cundinamarca) y federacion Colombiana de productores de papa.
- Ritter, E. (2009). *Proyecto Papas nativas: un cultivo con potencial de alto valor*. Recuperado el 30 de agosto de 2018, de <http://www.neiker.net/neiker/papasalud/for1-R.htm>.
- Rodriguez, E., Ñustez, E. & Estrada, N. (2009). Criolla Latina, Criolla Paisa y Criolla Colombia, nuevos cultivares de papa criolla para el departamento de Antioquia (Colombia). *Agronomia Colombiana*, 27(3). Obtenido de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/13204/37297>
- Salazar, C., Pino T. & Villagra, P. (2016). La emision de fluorescencia de la clorofila a: una herramienta para la deteccion del efecto del estres hidrico en el aparato fotosintetico de la papa. En T. Pino, *Estres Hidrico y termico en papas: avances y protocolos* (págs. 71-73). Santiago, Chile: INIA.
- Sanchez, D., Lopez, A. & Rodriguez, E. (2005). Determinacion de las etapas criticas en el desarrollo fenologico del cultivo de papa *Solanum phureja*, frente al ataque de la polilla

- guatemalteca *Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Agronomía Colombiana*, 23(2), 230-238. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/agc/v23n2/v23n2a06.pdf>
- Secretaría de agricultura y desarrollo económico y federación colombiana de productores de papa (Fedepapa). (2009). *Recopilación de la investigación del sistema productivo de papa criolla*. Obtenido de <https://sioc.minagricultura.gov.co/Papa/Documentos/005%20-%20Documentos%20T%C3%A9cnicos/005%20-%20D.T%20-%20Libro%20Papa%20Criolla.pdf>
- Soto, M., Cortes, M. & Rodríguez, D. (2017). Modelo de simulación del crecimiento y desarrollo de la papa criolla. *Ciencia en desarrollo*, 1-12. doi:<https://doi.org/10.19053/01217488.v9.n1.2018.7008>
- Spooner, D., & Hetterscheid, W. (2005). *Origins, evolution, and group classification of cultivated potatoes*. New York: Columbia University Press.
- Superintendencia de industria y comercio. (2010). *Cadena productiva de la papa: diagnóstico de libre competencia*. Obtenido de [http://www.sic.gov.co/recursos\\_user/documentos/promocion\\_competencia/Estudios\\_Economicos/PAPA.pdf](http://www.sic.gov.co/recursos_user/documentos/promocion_competencia/Estudios_Economicos/PAPA.pdf)
- Tinjaca, S. & Rodríguez, E. (2015). *Catálogo de papas nativas de Nariño, Colombia*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de [http://www.seguridadalimentarianarino.unal.edu.co/sites/default/files/pdf-componentes/C.Mej-Gen\\_Catalogo%20papas%20Nativas.pdf](http://www.seguridadalimentarianarino.unal.edu.co/sites/default/files/pdf-componentes/C.Mej-Gen_Catalogo%20papas%20Nativas.pdf)
- Villa, R. & Barrientos, C. (2012). Incremento de la rentabilidad económica en el cultivo de papa criolla mediante fertilización con manganeso. *Revista Colombiana de ciencias hortícolas*, 6(1), 67-75. Obtenido de ¿