

**COMPORTAMIENTO DE DOS VARIEDADES DE *SOLANUM TUBEROSUM*  
L. EN UN CULTIVO EN CALLEJONES CON *ALNUS ACUMINATA* KUNTH,  
PASTO**

**Carolina Guatusmal G.**

**Robert Males S.**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROFORESTAL  
SAN JUAN DE PASTO  
2018**

**COMPORTAMIENTO DE DOS VARIEDADES DE *SOLANUM TUBEROSUM* L.  
EN UN CULTIVO EN CALLEJONES CON *ALNUS ACUMINATA* KUNTH,  
PASTO**

**Carolina Guatusmal G.**

**Robert Males S.**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de  
Ingeniero agroforestal**

**Asesor:**

**Diego Muñoz G.**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROFORESTAL  
SAN JUAN DE PASTO  
2018**

## **NOTA DE RESPONSABILIDAD**

Las ideas y conclusiones aportadas en este Trabajo de Grado son Responsabilidad de los autores.

Artículo 1 del Acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966, emanado por el Honorable Concejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de Aceptación:

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Firma del Presidente del Jurado

---

Firma del Jurado

---

Firma del Jurado

San Juan de Pasto, Mayo de 2018

## **AGRADECIMIENTOS**

Diego Andrés Muñoz Guerrero Ph.D Ingeniero Agroforestal. Docente Universidad de Nariño

Jorge Fernando Navia Estrada. Ph. D. Ingeniero Agrónomo. Docente Universidad de Nariño

Jesús Antonio Castillo Franco. Ph. D. Ingeniero Agrónomo. Docente Universidad de Nariño

Por estar dispuestos siempre a brindar apoyo y compartir sus conocimientos:

Diego Hernán Meneses Buitrago. Ingeniero Agropecuario. Universidad del Cauca. Profesional de apoyo de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. CORPOICA. C.I. Obonuco.

Mónica Eliana Córdoba. Ingeniera Agrónoma. Universidad de Nariño. Tesista de maestría de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. CORPOICA. C.I. Obonuco.

Carlos Alberto Marcillo. Ingeniero Agrónomo. Universidad de Nariño. Profesional de apoyo de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. CORPOICA. C. I. Obonuco.

Jairo Sarasty Bravo. Ingeniero Agroforestal. Universidad de Nariño.

Familiares y amigos que de una u otra manera apoyaron la realización del presente trabajo.

CAROLINA GUATUSMAL GELPUD

**Dedicado a:**

A mis padres Patricia Gelpud, José Guatusmal y a mi hermana Claudia Guastumal por su apoyo incondicional y por ser la inspiración para luchar por mis sueños.

ROBERT STEVEN MALES SÁNCHEZ

**Dedicado a:**

A Dios por brindarme la oportunidad de estudiar, por la salud y la vida. A mis padres Luis Males, Marleny Sánchez, por su incondicional amor, su dedicación, sus consejos, por motivarme cada día para salir adelante y ser una mejor persona, pero ante todo por ser un ejemplo en mi vida. A mi hermano por su apoyo y ayuda. A mi abuelo Enrique Males que desde el cielo me dio sabiduría y cuidado.

## RESUMEN

El estudio se realizó en la Granja Experimental Botana de la Universidad de Nariño, municipio de Pasto, Nariño, con coordenadas geográficas 1°0,9'40,6" LN y 77°16'44,6 LO. Se evaluó el comportamiento de dos variedades de papa (Diacol Capiro y Pastusa Suprema) en un cultivo en callejones con *Alnus acuminata* Kunth. Se determinaron componentes de crecimiento (días de emergencia, días a floración, altura de plantas, número de tallos), rendimiento (número y peso de tubérculos, así como producción) e incidencia de plagas y enfermedades de importancia comercial. Para la evaluación en el Sistema Agroforestal (SAF) se tomaron como referencia tres distancias: 1, 2 y 3 metros de la especie leñosa. Los resultados de los factores: sombrío y distancia indicaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) para altura, número de tallos y en su interacción con el genotipo. Las tres variables evaluadas presentaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) para los componentes de rendimiento. El tratamiento a libre exposición evidenció el rendimiento promedio más alto (31,85 ton/ha). Se identificaron tres plagas, en orden de mayor incidencia están: *Liriomyza huidobrensis*, *Deroceras reticulatum* y *Epitrix spp.*; además se observaron dos enfermedades *Alternaria solani*, con alta incidencia en el monocultivo, y *Phytophthora infestans*, con alta incidencia en el SAF.

**Palabras clave:** sistema agroforestal, genotipo, incidencia, rendimiento.

## ABSTRACT

The study was carried out at the Botana Experimental Farm of the University of Nariño, settled on Pasto, Nariño, with geographic coordinates: 1 ° 0.9'40.6 NL and 77 ° 16'44.6 WL. It were evaluated the behavior of two potato cultivars (Diacol Capiro and Pastusa Suprema) in alley cropping with *Alnus acuminata* Kunth. It were determinated the growth components (days of emergence, days to flowering, height of plants, number of stems), yield (number and weight of tubers, so as production) and the incidence of pests and diseases of commercial importance. Focusing on the evaluation in the Agroforestry System (AFS), three distances were taken as reference; 1, 2 and 3 meters from the arboreal species. The results of the factors: type of productive system and distance indicated significant differences (P-Value <0.05) in height, number of stems and its interaction with the genotype. The three cultivars evaluated presented significant differences (p<0.05) in terms of yield components. The free exposure treatment showed the highest average yield (31.85 tons / ha). Three pests were identified, in order of incidence: *Liriomyza huidobrensis*, *Deroceras reticulatum* and *Epitrix spp.*; furthermore there were observed two diseases *Alternaria solani* with a high incidence in monoculture, and *Phytophthora infestans* de high incidence in AFS.

**Keywords:** agroforestry system, genotype, incidence, yield.



## Contenido

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN.....	10
MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	14
CONCLUSIONES.....	27
RECOMENDACIONES.....	28
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28

## INTRODUCCIÓN

La papa es una herbácea anual que ocupa el cuarto lugar mundial en importancia como alimento, después del maíz, el trigo y el arroz. Esta pertenece a la familia de las solanáceas, del género *Solanum*, formado por lo menos por otras mil especies, como el tomate y la berenjena (FAO, 2008). El cultivo de papa produce más alimento por unidad de agua que ningún otro cultivo importante y es hasta siete veces más eficiente en el aprovechamiento del agua que los cereales, siendo producido en más de 100 países de todo el mundo (IPC, 2015).

En Colombia, la papa se caracteriza por ser uno de los principales cultivos de ciclo corto, esta es la actividad agrícola más sobresaliente en la zona fría de los Andes Colombianos (CEVIPAPA, 2005). Adicionalmente, la producción se concentra en ocho departamentos (Cundinamarca, Boyacá, Nariño, Antioquia, Santander, Norte de Santander, Cauca y Tolima) (FEDEPAPA, 2017a). El departamento de Nariño, es el tercero más importante en términos de producción, anualmente aporta cerca del 19% del agregado nacional, y su área cultivada oscila alrededor de 26.394 hectáreas para 2017, con un rendimiento promedio de 20 ton/ha (FEDEPAPA, 2017b).

En el país se han producido cerca de 40 variedades de las especies *Solanum tuberosum* sp. *Andigena* y *Solanum phureja*, de las cuales solo 15 son comerciales (Porrás, 2005). En Nariño, las principales variedades comercializadas son: Criolla, Diacol Capiro, Parda Pastusa, Pastusa suprema y Morasurco (FEDEPAPA, 2017b).

Este cultivo al ser predominante en Nariño, ha causado un impacto sobre los recursos naturales a causa de los sistemas de producción tradicional en los que las labores culturales son ajenos a las prácticas de conservación, que han traído como resultado efectos como degradación del suelo, contaminación de las fuentes hídricas, pérdida de la micro y macrofauna del suelo, entre otras. Una de las alternativas para frenar estos procesos y hacer frente a las variaciones que en el clima pueda presentarse a futuro es la explotación de la tierra a través de sistemas agroforestales o agroforestería (Farfán, 2014). Entendiendo agroforestería como la combinación, simultánea o secuencial, de árboles, cultivos y/o ganado en el mismo lugar, un ejemplo, son los cultivos en callejones, en el que se asocia árboles o arbustos (fijadores de nitrógeno) intercalados en

franjas con cultivos anuales, en el cual se aprovecha los residuos de podas como abono verde para mejorar la fertilidad del suelo (Mendieta y Rocha, 2007).

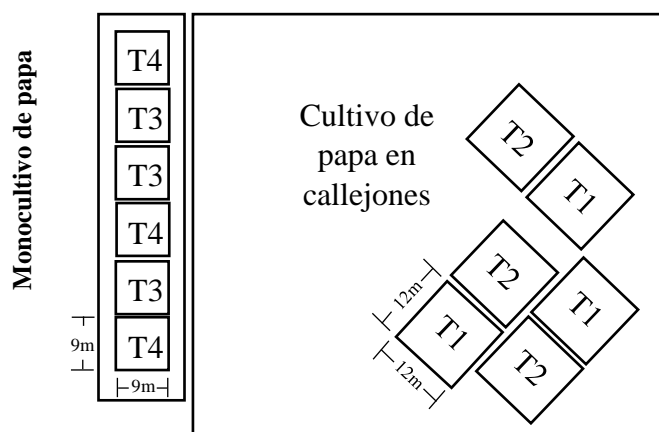
La mayor parte de la investigación del cultivo de papa en el país se ha concentrado en el componente agronómico en búsqueda de nuevas variedades de papa con tolerancia a *Phytophthora infestans* y el desarrollo de proyectos dirigidos a solucionar problemas de plagas y enfermedades que afectan el cultivo (SIOC y MINAGRICULTURA, 2010). Sin embargo, no se ha indagado en gran medida en el comportamiento de la especie con sistemas alternativos, razón por la cual es importante conocer el efecto del árbol en el comportamiento del cultivo bajo sistemas de producción como los agroforestales.

De acuerdo a lo anterior, en la presente investigación se trabajó con el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) para evaluar el comportamiento de dos variedades (Diacol Capiro y Pastusa Suprema) en un cultivo en callejones con *Alnus acuminata* Kunth bajo un manejo tradicional en la Granja Experimental Botana. Las variables estuvieron enfocadas en la determinación de componentes de crecimiento, desarrollo y rendimiento, al igual que la estimación de la incidencia de plagas y enfermedades presentes en el cultivo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Localización.** El presente estudio se realizó en la Granja Experimental Botana de la Universidad de Nariño, ubicada en las coordenadas geográficas 1°0,9'40,6" LN y 77°16'44,6" LO, a una altura de 2776 msnm, con un promedio de temperatura de 13,6°C, precipitación media anual de 945,5 mm, y una humedad relativa anual de 87,67% (IDEAM, 2018).

**Descripción del experimento.** El área experimental (Figura 1) consta de 0,6 ha, en donde se encuentra establecido un arreglo agroforestal con Aliso (*Alnus acuminata*) en callejones, los árboles tienen una edad aproximada de nueve años, con una densidad de siembra de 6 x 3 metros, antes de implementar el cultivo se realizó una poda de los mismos a 2 metros de altura y se incorporó esta biomasa al suelo. En los callejones se sembró dos variedades de papa (Diacol Capiro y Pastusa Suprema) a una distancia de 0,4 m entre planta y 1 m entre surco. Se establecieron 12 parcelas experimentales, seis de ellas en el SAF con una dimensión de 12x12m (864 m<sup>2</sup>), y seis parcelas en monocultivo con una dimensión de 9x9m (81 m<sup>2</sup>) para un área experimental total de 1350 m<sup>2</sup>.



**Figura 1.** Diseño experimental en campo

**Diseño experimental.** El diseño establecido corresponde a bloques completos al azar (BCA) con arreglo factorial, con 4 tratamientos y tres repeticiones.

T1: cultivo de papa Diacol Capiro en callejones con aliso, 900 sitios (1800 plantas)

T2: cultivo de papa Pastusa Suprema en callejones con aliso, 900 sitios (1800 plantas)

T3: monocultivo de papa variedad Diacol Capiro, 594 sitios (1188 plantas)

T4: monocultivo de papa variedad Pastusa Suprema, 594 sitios (1188 plantas)

### **Variables a evaluar**

*Crecimiento y desarrollo.* Se evaluó: días a emergencia de brotes en la superficie (DEB), días a floración (Yela y Rua, 2011), altura (Walteros, 1985; Erazo y Ibarra, 1986) y número de tallos por planta (Portilla y Salas, 2007).

*Rendimiento.* Se cosecharon 10 metros de los surcos en SAF (surcos a 1, 2 y 3m) y en el monocultivo (surcos centrales) y se seleccionaron 10 plantas por tratamiento para evaluar el número y peso de tubérculos por planta para calcular la producción en toneladas por hectárea (Sañudo, 2000).

Complementariamente se realizó la clasificación de los tubérculos por tamaño de acuerdo a la resolución 3168 de 2015 del ICA (Tabla 1).

**Tabla 1.** Clasificación de la semilla de papa

<b>Tamaño</b>	<b>Diámetro en mm</b>
Muy grande	Mayor de 91
Grande o Primera	Entre 71 y 90
Mediana o Segunda	Entre 51 y 70
Pequeña o Tercera	Entre 31 y 50
Muy pequeña	Entre 15 y 30

Fuente: ICA, 2015

*Plagas.* Se determinó el porcentaje de incidencia de plagas (Cevallos y Mantilla, 2008)

*Enfermedades.* Se determinó el porcentaje de incidencia para *Phytophthora infestans* y *Alternaria solani* (Portilla y Salas, 2007). También, se evaluó la severidad de las plantas afectadas por *Phytophthora infestans*, según la escala de severidad de gota en la papa propuesta por Clive (1970).

**Evaluación.** Las variables número de tallos, altura, incidencia y severidad se evaluaron a los 30, 65, 87, 108 y 129 días después de la siembra.

Para los tratamientos T1 y T2, se realizó la evaluación de las variables número de tallos, altura, número y peso de tubérculos por planta, a tres distancias diferentes respecto al componente arbóreo (1, 2 y 3 metros).

**Labores culturales.** Las labores culturales de la papa se realizaron bajo el sistema tradicional basado en lo planteado por Ramírez y Vélez (2002). La fertilización consistió en la aplicación de fertilizante 13-26-10-3 en una proporción de 1250 kg/ha dividida en dos aplicaciones una al momento de la siembra (30 gramos por sitio) y otra a los 40 días después de la siembra (30 gramos x sitio) (García y Guerrero, 1993). El manejo de arvenses, control de plagas y enfermedades se realizó de acuerdo a recomendaciones técnicas que se suelen manejar en el sistema tradicional, durante todo el desarrollo del cultivo.

### **Análisis de datos**

Los datos se consignaron en el programa Excel ® y procesados en el paquete estadístico SPSS® versión 22.0 a través de una ANDEVA, con el fin de identificar si existen diferencias entre las medias de los tratamientos, finalmente se realizó una prueba de comparación de medias de Tukey.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

**Variables desarrollo.** La emergencia para los tratamientos T2 y T4 (Pastusa suprema) se registró a los 22 días mientras que para T1 y T3 (Diacol capiro) a los 31 días, para ambas variedades la emergencia fue más tardía de lo esperado teóricamente, ya que según Román y Hurtado (2002), los brotes de la variedad P. suprema emergen entre los 10 a 12 días después de siembra (dds), coincidiendo con Segura *et al.* (2006), quien señala que esta etapa se da alrededor de los 10 dds. Adicionalmente, en un estudio realizado por Valbuena *et al.* (2010), la emergencia en D. capiro se da hasta los 25 días para el departamento de Nariño, lo cual no coincide con lo registrado en el presente estudio.

Lo anterior se puede atribuir al estado fisiológico en el que se encontraba la semilla y al tratamiento del tubérculo antes de la siembra, ya que esto puede afectar el número de brotes, por factores como almacenamiento que favorecen la dominancia apical, la edad fisiológica, ya que los tubérculos fisiológicamente avanzados desarrollan más brotes

que los fisiológicamente jóvenes o por el contrario cuando están muy viejos los brotes resultan demasiado débiles y no emergen (Inostroza, 2009).

En los resultados obtenidos del análisis de varianza (Tabla 2), la variable altura presentó diferencias significativas en el factor genotipo, como resultado del comportamiento fenotípico normal de cada variedad (Ñústez, 2011), así como también se encontró diferencias significativas en la interacción de este con el tipo de sistema, en el que la diferencia estuvo marcada por el efecto del componente arboreo sobre el microclima (Enríquez y Jiménez, 2009). De igual forma se muestra que el número de tallos tuvo diferencias significativas en el factor genotipo y tipo de sistema de forma independiente, lo cual está relacionado directamente con el comportamiento propio de cada variedad y la radiación solar interceptada por los árboles de *A. acuminata* (Inostroza, 2009).

**Tabla 2.** Cuadrado medio de variables de desarrollo y crecimiento de Diacol Capiro y Pastusa Suprema bajo un cultivo en callejones y monocultivo

<b>Cuadrado Medio</b>			
<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Altura</b>	<b>No. Tallos</b>
Modelo	5	61552,03	738,35
Genotipo	1	297066,32**	3589,87**
Sistema productivo	1	1155,20	19,22*
Genotipo*Sistema productivo	1	4487,20**	0,72
Error	1794	259,87	3,95
C.V.		34,03	38,81

\*\*Diferencias estadísticas altamente significativas ( $p < 0,01$ )

\*Diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ )

En la Tabla 3, se puede evidenciar que en cuanto a genotipo el que mayor altura presentó fue P. suprema con una media de 60,21 cm con respecto a D. capiro que presentó 34,52 cm. Este comportamiento para ambas variedades es normal ya que según Ñústez (2011), P. suprema generalmente es de porte alto, mientras que D. Capiro tiene un porte bajo. En cuanto al factor tipo de sistema productivo, se encontró que las dos variedades presentaron una mayor altura promedio en el monocultivo, debido a que la papa al ser de tipo C3 (Almeraya y Sánchez, 2015), requiere de luz para procesar el CO<sub>2</sub>, de tal forma que las plantas sometidas a libre exposición recibieron una mayor cantidad de horas luz por ende, con fotoperiodos más largos, induciendo el crecimiento de la planta (Román y Hurtado, 2002). Al comparar los tratamientos, se encontró

diferencias estadísticas significativas entre T1 y T3, correspondientes a D. capiro, del cual se puede inferir una clara competencia por luz con el componente arbóreo.

**Tabla 3.** Prueba de Tukey para variables de desarrollo y crecimiento en Diacol Capiro y Pastusa Suprema bajo un cultivo en callejones y monocultivo

Fuentes de variación	Genotipo		Sistema productivo		Variedad * Sistema productivo			
	Capiro	Suprema	Cultivo en callejones	Monocultivo	T1	T2	T3	T4
Altura (cm)	34,522 <sup>a</sup>	60,216 <sup>b</sup>	46,568 <sup>a</sup>	48,170 <sup>a</sup>	32,142 <sup>a</sup>	60,99 <sup>c</sup>	36,90 <sup>b</sup>	59,43 <sup>c</sup>
No. Tallos	3,71 <sup>a</sup>	6,534 <sup>b</sup>	5,019 <sup>a</sup>	5,226 <sup>b</sup>	3,627 <sup>a</sup>	6,41 <sup>a</sup>	3,79 <sup>b</sup>	6,65 <sup>b</sup>

a,b,c medias con letras diferentes dentro de la misma fila de cada factor difieren entre sí, según la prueba de Tukey ( $\leq 0,05$ ). Para un N = 900

En cuanto a la producción de tallos principales, tanto para la variedad D. capiro como para P. suprema a pesar de no haber presentado diferencias significativas, en el monocultivo la generación de estos órganos fue superior a la presentada en los callejones con *A. acuminata*, ya que la baja producción de tallos en este último, estuvo relacionado con la baja intensidad de luz, que influyo de tallos y por ende en la producción de tubérculos por planta, ya que cada tallo crece y se comporta como si fuese una planta individual, a medida que se incrementa el número de tallos, se incrementa el número de tubérculos (Inostroza, 2009).

La producción de tallos principales también está determinada por el genotipo, razón por la cual la variedad D. capiro tuvo un comportamiento normal dentro del SAF, al presentar un promedio de 3.6, ya que lo habitual para esta variedad es presentar de 3 a 4 tallos principales por planta (Orozco *et al.*, 2013). Sin embargo, a plena exposición este promedio fue mayor al ser de 6,6 tallos por planta, valor que puede deberse a una mayor sobrevivencia de plantas para el periodo final de evaluación.

Como resultado de la diferenciación de las tres distancias (1, 2 y 3 m) en el cultivo en callejones, se identificaron diferencias altamente significativas ( $p < 0,01$ ) para las variables altura y número de tallos en los factores genotipo, distancia y su interacción (Tabla 4).



**Tabla 4.** Cuadrado medio de variables de desarrollo y crecimiento de Diacol Capiro y Pastusa Suprema en cultivo en callejones con tres distancias diferentes

<b>Cuadrado Medio</b>			
<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Altura (cm)</b>	<b>No. Tallos</b>
Modelo	7	28111,04	290,88
Genotipo	1	188909,70**	1762,08**
Distancia	2	888,47*	27,65**
Genotipo* Distancia	2	1137,57*	13,54*
Error	891	275,55	4,05
C.V.		35,61	40,04

\*\*Diferencias estadísticas altamente significativas ( $p < 0,01$ ), \*Diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ )

De acuerdo a la prueba de comparación de medias (Tabla 5), la variable altura tuvo un comportamiento normal para los dos genotipos, conforme a lo señalado anteriormente por Núñez (2011). Además, se puede identificar que D. capiro no presentó diferencias significativas al comparar las variables altura y número de tallos en las tres distancias evaluadas, mientras que P. suprema si tuvo diferencias significativas en su interacción con la distancia, al identificar una mayor altura y número de tallos a una distancia de 2 m, lo cual contradice los resultados encontrados por Ramírez y Vélez (2002), quienes encontraron una mayor altura en las plantas de papa mas alejadas al componente arboreo (*Myrica pubescens*) con relacion a las plantas mas próximas al árbol, de igual forma, Yela y Rua (2012), en su estudio encontraron que a una mayor distancia de la cerca viva de *A. acuminata* existe una mayor altura en las plantas de papa. Probablemente, este resultado se presentó porque la distancia de 3 metros recibía mayor cantidad de sombra proyectada durante el día por el efecto de los árboles de ambos callejones, lo cual disminuyo la capacidad fotosintética, y por lo tanto al existir menor intensidad de luz se afectó la fisiología de la planta.

Además, la variedad P. suprema presentó mayor cantidad de tallos principales a una distancia de dos metros, lo que se traduce en una mayor producción de tubérculos, ya que cuando los tallos principales de la planta tienen un desarrollo suficiente, las yemas subterráneas del tallo que están más cerca del tubérculo madre brotan originando los estolones, estos tallos subterráneos crecen y forman la tubérculos (Rojas, 2011).

**Tabla 5.** Prueba de Tukey para variables de desarrollo para variedades Diacol Capiro y Pastusa Suprema en cultivo en callejones con tres distancias diferentes.

Fuente de variación	Genotipo		Distancia (m)			Genotipo* Distancia					
	*C	*S	1	2	3	C-1m	C-2m	C-3m	S-1m	S-2m	S-3m
Altura (cm)	32,14 2 <sup>a</sup>	60,99 3 <sup>b</sup>	48,13 7 <sup>b</sup>	47,01 7 <sup>a</sup>	44,5 5 <sup>a</sup>	33,48 7 <sup>a</sup>	30,6 6 <sup>a</sup>	32,2 8 <sup>a</sup>	62,78 7 <sup>c</sup>	63,37 3 <sup>c</sup>	56,8 2 <sup>b</sup>
No. Tallos	3,627 a	6,411 b	5,09 <sup>b</sup>	5,293 b	4,67 3 <sup>a</sup>	3,647 a	3,70 7 <sup>a</sup>	3,52 7 <sup>a</sup>	6,533 c	6,88 <sup>c</sup>	5,82 b

a,b,c medias con letras diferentes dentro de la misma fila de cada factor difieren entre sí, según la prueba de Tukey ( $\leq 0,05$ ). N=900. \*C=Capiro; \*S=Suprema

La floración para D. capiro en el SAF se presentó a los 135 dds y 122 dds en el monocultivo, lo cual concuerda con Valbuena *et al.* (2010) quienes señalan que ésta variedad en Nariño pasa por la fase de floración desde los 107 a 130 dds; mientras que para la variedad P. suprema floreció a los 122 dds en el SAF y a los 104 dds en el monocultivo, lo cual se contrasta con el resultado de Valbuena *et al.* (2010) quienes afirman que la variedad Parda suprema florece en el periodo entre los 91 y 128 dds. Por lo tanto, se demuestra que el cultivo de papa bajo ambos sistemas de producción presentó las etapas fenológicas de acuerdo a los parámetros normales establecidos para Nariño. Finalmente, al comparar ambos sistemas de producción se resalta que los dos genotipos registraron una floración más tardía en el SAF.

**Variabes de rendimiento.** El análisis de varianza muestra diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en los factores genotipo y tipo sistema productivo de forma independiente para las variables número y peso de tubérculos por planta (Tabla 6); de igual forma para la variable rendimiento se encontraron variables altamente significativas en ambos factores. Sin embargo, en la interacción genotipo\*sistema productivo no se encontraron diferencias significativas (Tabla 7).

**Tabla 6.** Cuadrados medios de variables de rendimiento de Diacol Capiro y Pastusa Suprema bajo un cultivo en callejones y monocultivo

<b>Cuadrado Medio</b>				
<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>No. Tubérculos/plant a</b>	<b>Peso de Tubérculos/planta (kg)</b>	<b>Rendimiento (Ton/ha)</b>
Modelo	5	147,75	1,28	418,84
Genotipo	1	493,96*	4,75	926,64**
Sistema productivo	1	207,75*	1,49*	1103,04**
Genotipo*Sistema productivo	1	21,90	0,01	29,93
Error	6	9,12	0,05	6,52
C.V.		15,10	15,57	11,47

\*\*Diferencias estadísticas altamente significativas ( $p < 0,01$ ), \*Diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ )

Con base en la Tabla 7, se puede afirmar que en cuanto al genotipo, el que mayor número y peso de tubérculos presentó fue P. suprema, con un número de tubérculos superior al encontrado por Betancourth *et al.* (2008) quienes registran 14,13 tubérculos/planta. Adicionalmente, esta variedad presentó mayor rendimiento con una media de 31,05 ton/ha, el cual está por encima del reportado por los autores antes mencionados quienes señalan un rendimiento de 27,12 ton/ha. Por otra parte, la D. capiro presentó un número de tubérculos promedio de 13,59, el cual coincide con lo encontrado por Betancourth *et al.* (2008) quienes registran un 13,38 tubérculos/planta; sin embargo esta variedad evidenció un bajo rendimiento (13,48 ton/ha) respecto a lo señalado por los autores quienes registraron 19,55 ton/ha.

**Tabla 7.** Prueba de Tukey para variables de rendimiento de Diacol Capiro y Pastusa Suprema bajo un cultivo en callejones y monocultivo

<b>Fuente de variación</b>	<b>Genotipo</b>		<b>Sistema productivo</b>		<b>Genotipo* Sistema productivo</b>			
	<b>Capiro</b>	<b>Suprema</b>	<b>SAF</b>	<b>Mono.</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
<b>Número Tubérculo/planta</b>	13,59 <sup>a</sup>	26,42 <sup>b</sup>	15,85 <sup>a</sup>	24,17 <sup>b</sup>	10,28 <sup>a</sup>	16,4 <sup>a</sup>	20,91 <sup>a</sup>	31,93 <sup>a</sup>
<b>Peso de Tubérculo/planta (kg)</b>	0,81 <sup>a</sup>	2,07 <sup>a</sup>	1,09 <sup>a</sup>	1,79 <sup>b</sup>	0,48 <sup>a</sup>	1,13 <sup>a</sup>	1,69 <sup>a</sup>	2,45 <sup>a</sup>
<b>Rendimiento (ton/ha)</b>	13,48 <sup>a</sup>	31,05 <sup>b</sup>	12,68 <sup>a</sup>	31,85 <sup>b</sup>	5,47 <sup>a</sup>	21,49 <sup>a</sup>	19,89 <sup>a</sup>	42,22 <sup>a</sup>

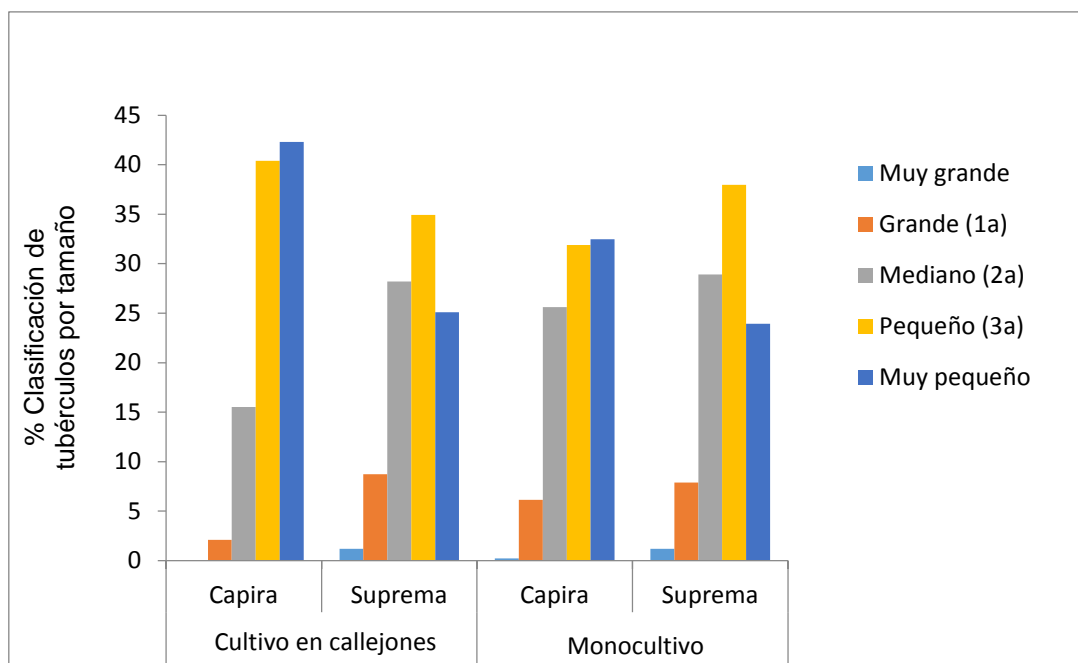
a,b,c medias con letras diferentes dentro de la misma fila de cada factor difieren entre sí, según la prueba de Tukey ( $\leq 0,05$ ). N=12

Al comparar los tratamientos por tipo de sistemas productivos se pudo evidenciar valores inferiores para las tres variables en el cultivo en callejones (Tabla 7), debido a que la tasa de asimilación fotosintética que requiere el cultivo de papa no se cumplió en su totalidad dentro del SAF por la disminución de la intensidad lumínica como efecto de la incidencia de los árboles (Marcillo, 2018). El rendimiento de tubérculos en cultivos de papa está determinado por la cantidad de radiación fotosintéticamente activa interceptada por el follaje y utilizada en la fotosíntesis (Burke, 2003; Rojas, 2011).

En contexto con lo anterior, Herrera *et al.* (2006) señalan que el inicio del crecimiento del tubérculo está influenciado por la duración de luz diaria que recibe; por consiguiente, la intensidad de luz percibida durante este periodo tuvo un marcado efecto sobre el crecimiento posterior de los tubérculos, ya que la intensidad lumínica es un factor importante en la síntesis de carbohidratos a través del proceso de la fotosíntesis. Lo cual concuerda con los rendimientos inferiores encontrados en el cultivo de papa en medio de los callejones de *A. acuminata* como resultado de la disminución de la cantidad de luz interceptada por el follaje de los árboles.

En el monocultivo se encontraron rendimientos superiores, esto debido a que al existir mayor cantidad de la intensidad de luz, existe mayor capacidad de la planta de transformar la radiación y los nutrientes en azúcares simples para el crecimiento de los tubérculos, por lo tanto el rendimiento en la cosecha es mayor (Aldabe y Dogliotti, 2006).

En la Figura 2, se muestra la clasificación por tamaño de tubérculo de los tratamientos para cada genotipo, en donde se puede identificar que se produjo un mayor número de tubérculos de 3ª categoría o pequeña y muy pequeña en todos los tratamientos, lo que evidencia un inadecuado engrose del tubérculo, debido a varios factores, como la alta humedad que tenía el suelo en el momento del aporque, resultado de las fuertes precipitaciones para los tres primeros meses del cultivo (415mm), lo cual provocó al disminuir las precipitaciones el suelo se endureciera y evitara que el tubérculo crezca naturalmente. Estas circunstancias impiden el crecimiento del tubérculo como lo reafirma Peña (2009), quien señala que bajo condiciones de estrés los tubérculos crecen muy poco diariamente.



**Figura 2.** Clasificación de tamaño de tubérculos en cultivo en callejones y monocultivo

Las condiciones de alta humedad favorecieron la propagación de fitopatógenos los cuales atacaron la parte aérea de la planta, de tal forma que se pudo afectar la producción de tubérculos, en especial para *D. capiro*, en el que fue evidente un mayor daño en la parte aérea. Lo anterior, debido a que al existir un daño en la parte fotosintetizadora de la planta evita que se los fotoasimilados lleguen al tubérculo para su crecimiento. Las plantas deben poseer un área foliar suficiente para mantener la tasa de fijación del carbono activa y alta, sobre todo durante la tuberización puesto que la tasa de crecimiento de los tubérculos depende principalmente de la fotosíntesis neta registrada durante la fase de tuberización y no de los productos fotosintéticos previamente acumulados en el follaje (Peña, 2009). Además, las condiciones ambientales del cultivo en la última fase son un factor determinante en el rendimiento, pues si no son favorables, la tasa de crecimiento de tubérculos se ve afectada, incluso si en las primeras etapas se haya alcanzado un buen desarrollo y una considerable acumulación de biomasa (Rojas, 2011).

Al analizar el factor genotipo de manera independiente todas las variables de rendimiento en el cultivo en callejones a tres distancias diferentes mostraron diferencias significativas (Tabla 8), de tal forma el resultado de la prueba de comparación de

medias, se evidenció que variedad P. suprema presentó un mayor número y peso de tubérculos, por lo tanto, un mayor rendimiento con una media de 19,89 ton/ha (Tabla 9).

**Tabla 8.** Cuadrado medio de variables de rendimiento de Diacol Capiro y Pastusa Suprema en cultivo en callejones con tres distancias diferentes

<b>Cuadrado Medio</b>				
<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Número Tubérculos/planta</b>	<b>Peso de tubérculos/planta (kg)</b>	<b>Rendimiento (ton/ha)</b>
Modelo	11	12,34	0,13	98,23
Genotipo	1	92,57*	1,28*	45,50*
Distancia	2	3,78	0,01	0,20
Genotipo*	2	2,12	0,01	0,49
Distancia				
Error	6	3,74	0,02	0,96
C.V.		28,05	29,48	35,75

\*\*Diferencias estadísticas altamente significativas ( $p < 0,01$ ), \*Diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ )

**Tabla 9.** Prueba de Tukey para variables de rendimiento de Diacol Capiro y Pastusa Suprema en cultivo en callejones con tres distancias diferentes

<b>Fuente de variación</b>	<b>Variedad</b>	
	<b>Capiro</b>	<b>Suprema</b>
<b>Número Tubérculo/planta</b>	10,78 <sup>a</sup>	20,91 <sup>b</sup>
<b>Peso de Tubérculo/planta (kg)</b>	0,48 <sup>a</sup>	1,69 <sup>b</sup>
<b>Rendimiento (ton/ha)</b>	5,47 <sup>a</sup>	19,89 <sup>b</sup>

a,b,c medias con letras diferentes dentro de la misma fila de cada factor difieren entre sí, según la prueba de Tukey ( $\leq 0,05$ ). N=18

Por otra parte, cabe resaltar que la D. capiro tuvo un rendimiento bastante bajo en el cultivo en callejones con una media 5,47 ton/ha con respecto al promedio nacional, para el cual en condiciones óptimas es superior a las 40 ton/ha (Porrás y Herrera, 2015). Esta diferencia en el rendimiento puede relacionarse con un factor externo que pudo afectar a esta variedad, el cual es la precipitación presentada en el ciclo la cual fue alta (623,6 mm equivalente al 54,7% de la precipitación de 2017), sumado a la ausencia de un buen drenaje en el terreno que provocó encharcamientos. Según Sierra (2013), la correcta preparación del suelo y el aporque son fundamentales para lograr una buena producción de papas, al considerar que el manejo agronómico define el desarrollo vegetativo del tubérculo, por lo tanto si existe un mal drenaje en el cultivo el rendimiento final se verá afectado. Sin embargo, este rendimiento se puede presentar en algunos casos, ya que se

tienen registros de unos rendimientos cercanos a las 21 ton/ha, pero fácilmente se encuentran productores que sólo obtienen 8 o 9 ton/ha y otros que llegan a alcanzar las 60 ton/ha (Minagricultura, 2011). Los rendimientos son muy variables dependiendo en gran medida de la influencia de factores externos como: las condiciones climáticas, el manejo agronómico y las propiedades del suelo en el detrimento de la producción.

En el factor distancia no se evidencia diferencia significativa (Tabla 8), lo que indica que sembrar la papa a 1, 2 y 3 m no tiene efecto sobre la producción, esto puede deberse a que el estudio se realizó únicamente en un ciclo, teniendo como referencia la época de altas precipitaciones, y puede ser que requiera un análisis más profundo teniendo en cuenta varios ciclos de producción en épocas diferentes del año (Marcillo, 2018). Además, esta falta de significancia puede deberse a que no existía mucha diferencia entre distancias (1m entre cada una), contrario a lo presentado por Yela y Rúa (2011), quienes determinaron diferencias significativas en el rendimiento teniendo como base tres distancias diferentes de 1, 3, y 6 m, en donde encontraron un mayor rendimiento en las plantas que se encontraban más alejadas del árbol (6m).

**Plagas y enfermedades.** La plaga de mayor incidencia fue *Liriomyza huidobrensis* (Tabla 10), presentando un mayor efecto en el sistema de cultivo en callejones y más aún sobre la variedad P. suprema (46,67%). La regulación del microclima como resultado de la presencia del componente arbóreo pudo favorecer el incremento de los macroorganismos (Enríquez y Jiménez, 2009), ya que de acuerdo con el estudio de Gómez y Rodríguez (1995), la temperatura es un factor muy importante que influye directamente en la actividad de *L. huidobrensis*, encontrando una mayor población de la especie desde la prefloración hasta la cosecha, lo cual concuerda con lo encontrado en las evaluaciones realizadas. Sin embargo, para el presente estudio la incidencia de esta plaga mostró un crecimiento exponencial desde la tercera hasta la quinta evaluación, tanto para T2 y T4 (Tabla 11). Los daños ocasionados por las larvas y hembras adultas ocasionan problemas secundarios de estrés de las plantas (Mau y Martín, 1991), tal y como se presentó en el cultivo debido a la alta severidad en algunas plantas, pudiendo afectar el rendimiento de los tratamientos.

**Tabla 10.** Porcentaje incidencia de plagas y enfermedades

	Incidencia plagas (%)			Incidencia enfermedades (%)	
	<i>Epitrix spp</i>	<i>Liriomyza huidobrensis</i>	<i>Deroceras reticulatum</i>	<i>Phytophthora infestans</i>	<i>Alternaria solani</i>
<b>T1</b>	3,78	36,44	23,78	13,78	7,33
<b>T2</b>	6,44	46,67	24	18	10,89
<b>T3</b>	7,3	34,0	25,3	12,89	19,33
<b>T4</b>	2,44	32,89	5,33	10,22	16,22

**Tabla 11.** Porcentaje incidencia de plagas por días de evaluación.

Días	<i>Epitrix spp</i>				<i>L. huidobrensis</i>				<i>D. reticulatum</i>			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
30	6,7	13,3	21,1	2,2	0	7,8	4,4	0	0	0	0	0
65	2,2	0	6,7	0	35,5	28,9	13,3	0	2,2	0	3,3	0
87	5,5	18,9	8,9	8,9	67,8	48,9	41,1	18,9	0	3,3	5,5	1,1
108	2,2	0	0	1,1	33,3	64,4	61,1	56,7	55,5	57,8	60	10
129	2,2	0	0	0	45,5	83,3	50	88,9	61,1	58,9	57,8	15,5

Ramírez y Vélez (2002), en su evaluación de un arreglo agroforestal de Laurel de cera con papa (*Solanum tuberosum*) y ajo (*Allium sativum*) en la vereda Botana reportaron las mismas plagas encontradas, excepto por *D. reticulatum*, la cual presentó una alta incidencia en los tratamientos T1, T2 y T3, especialmente en las últimas dos evaluaciones (108 y 129 días respectivamente), esto se debe a las condiciones de alta humedad y baja luminosidad que favorecen su desarrollo (Martínez *et al.*, 1994). Sin embargo, para el caso de T3 a pesar de que estuvo a plena exposición, la alta incidencia de esta plaga puede estar relacionada con la alta presencia de *Polygonum nepalense* Meisn., se trata de una arvense invasiva, agresiva y peligrosa para varios cultivos de surco como la papa, la cual habita sitios fértiles, húmedos y sombreados, siendo muy frecuente en cultivos como la papa (Vibrans y Alipi, 2008; Qaiser, 2001), razón por la cual se asume que favoreció las condiciones para la propagación de la plaga.

En el estudio de Noroña y Tipanquiza (2010), encontraron un alto ataque por parte de babosas, en el que pudo ser controlada con productos químicos, a pesar de ello, debido al uso frecuente de insecticidas químicos, se ha contribuido al desarrollo de resistencia de la plaga, convirtiéndola en una plaga primaria para la papa (Larraín, 2004). Es así como, el control realizado en esta investigación no resultó tan efectivo, de esta forma el



daño producido por esta plaga redujo la superficie para la fotosíntesis, afectando el crecimiento de la planta, y por ende deteriorando la calidad y rendimiento de la papa (ICA, 2011).

Al comparar la incidencia de *P. infestans* (Tabla 10), se encontró mayores valores en los tratamientos T2 y T1 (18%, 13.78% respectivamente). El ataque de *P. infestans* es común en zonas con una humedad relativa (HR) mayor al 80% (Cardona *et al.*, 2016), por lo que la HR de la zona de estudio (87,67%) es propicia para el ataque de este patógeno y aún más en el SAF por las condiciones de microclima sustentadas anteriormente. Así, cuando las condiciones ambientales son óptimas, los cultivos pueden ser destruidos en su totalidad en tan sólo 10 o 15 días (Fry, 2008; Jaramillo, 2003). Sin embargo, para evitar esta situación se realizó el control químico tradicional por medio de recomendaciones técnicas.

La incidencia de *P. infestans* por evaluación mostró un pico en los 87 días para todos los tratamientos (Tabla 12), esto se puede atribuir a que en el periodo comprendido entre la segunda y tercera evaluación se presentaron las mayores precipitaciones (160mm) en todo el ciclo del cultivo (623,6 mm), de igual forma la humedad relativa en este periodo también fue la mayor (94,4%), mientras que la temperatura media fue la menor (12,8°C), lo cual concuerda con lo planteado por Saucedo *et al.* (2010) y Smith (1956), los cuales señalan que por lo menos dos días consecutivos con al menos 11 horas de humedad relativa del 90% o más, favorecen el desarrollo de *P. infestans* en papa. Así como también, temperaturas inferiores a 12°C estimulan la liberación de zoosporas móviles, favoreciendo de tal forma la infección de la enfermedad (Reis *et al.*, 2002).

La incidencia de *A. solani* mostró un comportamiento diferente a *P. infestans*, ya que los mayores valores se encontraron en los tratamientos T3 y T4, los cuales estaban sometidos a libre exposición (Tabla 10), sin embargo al analizar la incidencia por días de evaluación se encontró que los picos más altos del ataque se evidenciaron para la tercera evaluación en el caso de P. suprema, mientras que D. capiro la mayor incidencia se registró en la última evaluación de T3, la mayor incidencia de la enfermedad en los tratamientos a plena exposición se puede atribuir a que el patógeno se favorece la

esporulación con temperaturas más altas (Porras y Herrera, 2015), factor que es regulado dentro del SAF por la presencia de los arboles (Enríquez y Jiménez, 2009)

La infección foliar de *A. solani* es estimulada por una alta humedad, frecuentes lluvias o presencia de rocío abundante (Acuña y Tejada, 2015). En los periodos de oscuridad, con temperaturas entre los 5 y 30°C ocurre la esporulación, pero para la germinación de las esporas se requiere de agua libre o alta humedad relativa, aunque, cuando la humedad cae por debajo del 96% la probabilidad de infección del tejido se reduce (Acuña y Cadiz, 2011). Sin embargo, la mayor incidencia de *A. solani* encontrada a los 87 días (Tabla 12) al igual que con *P. infestans* fueron estimuladas por las condiciones climáticas señaladas anteriormente. Además, en ataques fuertes de la enfermedad, las plantas pueden perder vigor y disminuyen su rendimiento, más aún en variedades susceptibles como D. capiro (Porras y Herrera, 2015). Por otro lado, pese a que la P. suprema presentó una mayor producción de tubérculos por hectárea, la alta incidencia de *A. solani* pudo haber influido en el rendimiento de los tubérculos.

**Tabla 12.** Porcentaje de incidencia de enfermedades por días de evaluación.

Días	<i>P. infestans</i>				<i>A. solani</i>			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
30	5,5	12,2	6,7	5,5	0	0	6,7	0
65	15,6	11,1	4,4	5,5	3,3	4,4	27,7	6,7
87	26,7	30	44,4	24,4	7,8	40	12,2	43,3
108	7,8	20	2,2	0	12,2	7,8	12,2	6,7
129	13,3	16,7	6,7	15,6	13,3	2,2	37,8	24,4

El genotipo P. suprema a pesar de presentar la mayor incidencia de *P. infestans* en el cultivo en callejones (Tabla 10), no fue en quien se evidenció la mayor severidad (Tabla 13), poniendo en evidencia su característica de altamente resistente a tizón tardío (UNC - Grupo de investigación en papa, 2018), de igual forma Taipei *et al.* (2010), sustentan la baja susceptibilidad del genotipo al patógeno. Caso contrario, la variedad D. capiro a pesar de tener una baja incidencia, resultó con daños más severos que los encontrados en P. suprema en casi todas las evaluaciones, esto debido a que la variedad es extremadamente susceptible al patógeno (Zapata, 2002). Además, de acuerdo a Porras y Herrera (2015), alta humedad relativa, bajas temperaturas y lluvias permanentes son las condiciones adecuadas para el desarrollo de la enfermedad, sumado a esto, el mismo

autor, manifiesta que los encharcamientos favorecen la severidad de *P. infestans*, convirtiéndose en un factor influyente para este estudio debido al mal drenaje del área de estudio.

**Tabla 13.** Severidad de *Phytophthora infestans* por días de evaluación (%)

Días	T1	T2	T3	T4
30	12	5,5	5,8	6
65	14	7	19	6
87	16	7,6	14	6,4
108	35	11	5	0
129	42	6,7	13	7,7

De acuerdo al estudio de Portilla y Salas (2007), en el que evaluó la severidad de nueve genotipos de papa encontró en el corregimiento de Mapachico, municipio de Pasto, que genotipos como Rosada tipo capiro presentaron una severidad de 70%, mientras que para Parda suprema un 20%. A partir de esto se puede asumir un comportamiento normal al encontrar una severidad mayor de D. capiro en relación con la presentada por P. suprema, aunque es de resaltar que los valores de severidad para el presente estudio son inferiores a los reportados por el anterior autor.

### CONCLUSIONES

La variedad Pastusa Suprema, tuvo un mejor comportamiento en el arreglo agroforestal de cultivo en callejones en comparación con la variedad Diacol Capiro, al presentar una mejor respuesta en todas las variables de crecimiento, desarrollo y rendimiento.

La distancia no resultó ser un factor determinante en el rendimiento final para los dos genotipos.

La clasificación de tubérculos estuvo marcada por una mayor producción de tubérculos de 3ª categoría y muy pequeña, tanto para el cultivo en callejones como para el monocultivo, como resultado de los factores como alta precipitación, ausencia de drenaje y el manejo agronómico.

La incidencia de *Liriomyza huidobrensis*, *Deroceras reticulatum* y *Phytophthora infestans* estuvieron directamente relacionadas con los factores climáticos de precipitación y humedad relativa. Sin embargo, la variedad D. capiro a pesar de

presentar una menor incidencia promedio de *Phytophthora infestans* en los tratamientos de cultivo en callejones, presentó una mayor severidad del patógeno en la mayor parte del ciclo vegetativo.

### RECOMENDACIONES

Se recomienda replicar la investigación aumentando el número ciclos de producción y llevándolo a cabo en épocas diferentes del año para contrarrestar la influencia de factores climáticos.

Es conveniente evaluar el comportamiento de la variedad de P. suprema en un cultivo en callejones a diferentes distancias y densidades de siembra, debido a que esta fue la que mejor comportamiento presento en el estudio.

Se recomienda en futuros estudios profundizar en la evaluación del componente arbóreo para determinar de forma más precisa el efecto de éste sobre el comportamiento del cultivo.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña, I. y Cadiz, F. (2011). Reconocimiento y manejo del tizón temprano de la papa (Vol. Informativo N° 82). Chile: INIA-Remehue. 4 p.
- Acuña, I., Muñoz, M., Sandaña, P., Orena, S., Bravo, R., Kalazich, J., Tejada, P., Castro M. y Sandoval, C. (2015). Manual Interactivo de la papa INIA. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Chile. Recuperado de: <http://manualinia.papachile.cl>; consulta: abril 2018
- Aldabe, L. y Dogliotii, S. (2006). Bases fisiológicas del crecimiento y desarrollo del cultivo. *Revista Latinoamericana de la Papa*. 1367-1378
- Almeraya, E. y Sánchez, E. (2015). Adaptaciones fotosintéticas en las plantas para mejorar la captación del carbono. *Revista: Ciencia*. 72-79 p.
- Betancourth, C., Portilla, E. y Salas, H. (2008). Evaluación de la reacción de nueve genotipos de papa (*Solanum tuberosum* subsp. andigena) al ataque de *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary. *Agronomía Colombiana*. 26(3): 411-416

Burke, J. (2003). *Growing the potato crop*. Teagasc, Irish: Agriculture and Food Development Authority.

Cardona, L; Castaño, J. y Ceballos, N. (2016). Epidemiología del tizón tardío (*Phytophthora infestans* (Month.) De Bary) en quince introducciones de tomate silvestre. *Rev. U.D.C.A Act. y Div. Cient.* 19(1): 45-54.

Cevallos, G., Mantilla, J. (2008). Levantamiento de plagas insectiles de papa (*Solanum tuberosum* L.) en cuatro formaciones ecológicas de la serranía ecuatoriana. (Trabajo de pregrado). Escuela Politécnica del Ejército. 201 p. Sangolqui, Ecuador

CEVIPAPA - Centro Virtual de Investigación de la Cadena Agroalimentaria de la Papa. (2005). Primer taller nacional sobre suelos, fisiología y nutrición vegetal en el cultivo de la papa. Raseo y Color Ltda. Bogotá, Colombia. 103 p.

Clive, J. (1970). *A manual of disease assessment keys for plant diseases*. Canadian Department of Agriculture, 50 p.

Enríquez, M. y Jiménez, F. (2009). Sistemas agroforestales en áreas de recarga de agua para consumo en la cuenca alta del río Bobo. Recuperado de: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A7407e.pdf>; consulta: junio, 2017.

Erazo, F. e Ibarra, J. (1986). Respuesta de dos variedades de papa a la aplicación de diferentes dosis de fertilización y población en el altiplano de Pasto, Pasto, Nariño. (Trabajo de pregrado). Universidad de Nariño, Pasto, Colombia.

FAO - Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2008). Nueva luz sobre un tesoro enterrado. Año internacional de la papa 2008. Recuperado de: <http://www.fao.org/potato-2008/pdf/IYPbook-es.pdf>; consulta: marzo, 2018

Farfán, V. (2014). *Agroforestería y Sistemas Agroforestales con café*. Manizales, Caldas: FNC-CENICAFE. 343 p.

FEDEPAPA - Federación Colombiana de Productores de Papa. (2017<sup>a</sup>). Boletín mensual regional N° 8. Colombia. Recuperado de: <http://fedepapa.com/wp-content/uploads/2017/01/BOELTIN-REGIONAL-NACIONAL.pdf>; consulta: marzo 2018.

FEDEPAPA - Federación Colombiana de Productores de Papa. (2017b). Boletín mensual regional N° 03, Nariño. Recuperado de: <http://fedepapa.com/Boletines/REGIONALES/BOLETINREGIONALNARIÑO3.pdf>; consulta: marzo 2018.

Fry, W. (2008). *Phytophthora infestans*: the plant (and R gene) destroyer. *Molecular plant pathology*. (9): 385- 402.

García, B. y Guerrero, L. (1993). Fertilización del cultivo de papa en sistemas de producción de finca, departamento de Nariño. *Revista de Ciencias Agrícolas*. Universidad de Nariño. 12: (1) 21-31.

Gómez, Y. y Rodríguez, C. (1995). Actividad de *Liriomyza huidobrensi* de acuerdo a las diversas horas del día y tipos de muestreo en relación a la fenología del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*). *Agronomía Mesoamericana*. 6(1): 32- 49.

Herrera, C., Fierro, L. y Moreno, J. (2006). Manejo integrado del cultivo de papa. Corpoica, 195 p.

ICA - Instituto Colombiano Agropecuario. (2011). Manejo fitosanitario del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* subsp. andigena y phureja). Medidas para la temporada invernal. Bogotá. Colombia. Recuperado de: ICA <https://www.ica.gov.co/getattachment/b2645c33-d4b4-4d9d-84ac197c55e7d3d0/Manejo-fitosanitario-del-cultivo-de-la-papa-nbsp;-.aspx>; consulta: junio, 2017.

ICA - Instituto Colombiano Agropecuario. (2015). Resolución 3168 de 2015. Recuperado de: ICA <https://www.ica.gov.co/Normatividad/Normas-Ica/Resoluciones-Oficinas-Nacionales/2015/2015R3168.aspx>; consulta: abril 2018.

IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2018). Datos climatológicos estación Botana. Pasto, Colombia. Recuperado de: IDEAM <http://www.ideam.gov.co/>; consulta: abril 2018.

Inostroza, J. (2009). Manual de papas en La Araucanía: Manejo y plantación. Temuco, Chile: Instituto de investigaciones Agropecuarias (INIA).

- IPC - International Potato Center. (2015). Datos y cifras de la papa. Recuperado de: <https://cipotato.org/es/lapapa/dat-y-cifras-de-la-papa/>; consulta: abril 2018.
- Jaramillo, S. (2003). *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary. Medellín, Colombia: Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia. 141 p.
- Larraín, P. (2004). Situación de la mosca minadora *Liriomiza huidobrensis* (Blanchard) en cultivos de papa del cono sur de América y sus perspectivas de manejo integrado. *Revista Latinoamericana de la Papa* (Suplemento Especial). 5-10.
- Marcillo, C. (2018). Comunicación personal. (Ing. Agrónomo. Corpoica); consulta: marzo, 2018.
- Martínez, J., Bohórquez, S. y Acosta, A. (1994). Estudio del ciclo de vida del grupo predominante en un cultivo comercial de alstroemeria de Madrid-Cundinamarca. *Agronomía colombiana*. 11(1): 53-61.
- Mau, R. y Martín, J. (1991). *Liriomiza sativae* (Blanchard) Vegetabe Leafminer. Honolulu, Hawaii. Department of Entomology. Recuperado de: [http://www.extento.hawaii.edu/kbase/crop/Type/liriom\\_s.htm](http://www.extento.hawaii.edu/kbase/crop/Type/liriom_s.htm) consulta; abril 2018.
- Mendieta, M. y Rocha, L. (2007). *Sistemas agroforestales*. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional Agraria.
- MINAGRICULTURA. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2011). Diagnóstico de la cadena productiva de la papa. Colombia 15 p.
- Orozco, M; Zapata, J; Espitia, E; Valbuena, I; Cerón, M; Moreno, J; Murcia, G; Mateus, J; Herrero, C; Martínez, E; Pérez, O; Barreto, N; Alzate, G; Cely, L; Hio, J; Sánchez, G. (2013). *Recomendaciones para el manejo de cultivo de la papa en el Altiplano Cundiboyasense*. CORPOICA, Bogotá. 218p.
- Porras, P. (2005). Problemática general del sistema productivo de papa con énfasis en fisiología y manejo de suelos. En: Memorias. I Taller Nacional sobre suelos, fisiología y nutrición vegetal en el cultivo de la papa. Centro Virtual de Investigación de la Cadena Agroalimentaria de la Papa (CEVIPAPA). Bogotá, Colombia. 1-4 p.

Noroña, J. y Tipanquiza, J. (2010). Evaluación del comportamiento en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) variedades INIAP-Natividad; INIA- Estela; versus un testigo, la variedad tradicional "Bolona" en el cantón Paute, provincia del Azuay. (Tesis de pregrado Ingeniero Agropecuario Industrial). Universidad Politécnica salesiana, sede Cuenca. Paute - Azuay, Ecuador.

Ñústez, C. (2011). *Variedades Colombianas de papa*. Bogotá: Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia.

Peña, L. (2009). Fisiología y manejo de tubérculos semilla de papa. Recuperado de: <https://medium.com/@redepapa/fisiologia-y-manejo-de-tuberculos-semilla-de-Papa-B84693603380>, consulta: Abril 2018.

Porras, P. y Herrera, C. (2015). Modelo productivo de la papa variedad Diacol Capiropara el departamento de Antioquia. Recuperado de: Siembra: [http://digitool.gsl.com.mx:1801/webclient/StreamGate?folder\\_id=0&dvs=1524347501323~896](http://digitool.gsl.com.mx:1801/webclient/StreamGate?folder_id=0&dvs=1524347501323~896); consulta: abril de 2018.

Portilla, A. y Salas, H. (2007). Evaluación de la relación de genotipos de papa (*Solanum tuberosum*) al ataque de *Phytophthora infestans* causante de la gota. (Trabajo de pregrado Ingeniero Agrónomo). Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño. Colombia

Qaiser, M. (2001). Polygonaceae. Flora of Pakistan. Recuperado de: [http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora\\_id=5&taxon\\_id=10717](http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=5&taxon_id=10717); consulta: marzo 2018.

Ramírez, A. y Vélez, J. (2002). Evaluación preliminar del arreglo agroforestal en líneas de Laurel de cera *Myrica pubescens* con papa *Solanum tuberosum* y ajo *Allium sativum* en la vereda Botana, Municipio de Pasto. (Trabajo de pregrado para optar al título de Ingeniero Agroforestal). Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. 140 p.

Reis, A., N. Dsuassana, J.M. Maziero, L.A. Maffia y Mitzubuti, E. (2002). *Phytophthora infestans* populations in Brazil: Current status and epidemiological features. En: Gilb'02 Conference Late Blight: Managing the global threat. Hamburgo, Alemania.



Rojas, E. (2011). Evaluación del desarrollo del cultivo de papa bajo escenarios de variabilidad climática interanual y cambio climático, en el sur oeste de la Sabana de Bogotá. (Trabajo de grado Magister de Ciencias en meteorología), Universidad Nacional de Colombia. 178p.

Román, M. y Hurtado, G. (2002). Guía técnica: Cultivo de papa. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA). San Salvador, El Salvador. 34p.

Sañudo, B. (2000). Comunicación personal. Docente de la Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño, Pasto, Col.

Saucedo, O., Vicente, L., Herrera, L. y Fernández, L. (2010). Sistema de pronóstico climático del tizón tardío (*Phytophthora infestans*) en el cultivo de la papa en la provincia de Villa Clara. *Revista electrónica de veterinaria REDVET*. 11(3): 1-13

Segura, M., Santos, M. y Núñez, C. (2006). Desarrollo fenológico de cuatro variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) en el municipio de Zipaquirá (Cundinamarca). *Fitotecnia Colombiana*. 6(2): 33-43.

Sierra, C. (2013). Cómo preparar el suelo y la aporca para el cultivo de papas. Recuperado de: <http://www.elmercurio.com/Campo/Noticias/Noticias/2013/03/13/Como-preparar-el-suelo-y-la-aporca-para-el-cultivo-de-papas.aspx>

SIOC – MINAGRICULTURA - Sistema de información de gestión y desempeño de organizaciones de cadena y ministerio de agricultura y desarrollo rural. (2010). Acuerdo de competitividad de la cadena agroalimentaria de la papa en Colombia. 72p.

Smith, L. (1956). Potato blight forecasting by 90% humidity criteria. *Plant Pathology*. 5: 83-87.

Taipe, A., Forbes, G. y Andrade, J. (2010). Estimación del nivel de susceptibilidad a *Phytophthora infestans* en genotipos de papa. Centro internacional de la papa, Quito, Ecuador. Recuperado de [cipotato.org: https://cipotato.org/wp-content/uploads/congreso%20ecuatoriano%204/a\\_taipe\\_memoria.pdf](https://cipotato.org/wp-content/uploads/congreso%20ecuatoriano%204/a_taipe_memoria.pdf)

Universidad Nacional de Colombia (UNC) - Grupo de investigación en papa. (2018). Pastusa suprema. Recuperado de: <http://papaunc.com/catalogo/pastusa-suprema>

Valbuena, R; Róveda, G; Bolaños, A; Zapata, J. y Medina, C. (2010). Escalas fenológicas de las variedades de papa Parda Pastusa, Diacol Capiro y Criolla "Yema de huevo" en las zonas productoras de Cundinamarca, Boyacá, Nariño y Antioquia. Corpoica - Asohofrucol - MADR - Cevipapa - UTPC - Fedepapa. Bogotá, Col.

Vibrans, H. y Hanan, A. (2008). Notas sobre neófitas 4. *Polygonum nepalense* (Polygonaceae), una planta invasora de México. *Acta botánica Mexicana*. (82), 1-6.

Walteros, M. (1985). Efecto del tamaño de la semilla y de la distancia de siembra en la producción de papa *Solanun tuberosum* variedad ICA Nariño. (Trabajo de pregrado). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas.

Yela, S. y Rúa, L. (2011). Efecto de las cercas vivas en el sistema productivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad DIACOL capiro en la vereda Jurado municipio de Pasto. (Trabajo de pregrado Ingeniero Agroforestal). Universidad de Nariño, Pasto.

Zapata, J. (2002). Aspectos sobre el tizón tardío (*Phytophthora infestans*) en Colombia, Perfil del país. Estado Actual del Manejo Integrado del Tizón (MIP-Tizón) en Países Andinos. Centro internacional de la Papa. Lima, Perú: 13-16.