

Evaluación de Fosetyl-Aluminio en el manejo de la madurez prematura en cuatro variedades de papa (*Solanum tuberosum*) en el municipio de Imues, Nariño

Ever David Moran Bastidas

Universidad Nacional Abierta Y A Distancia - UNAD

Escuela de ciencias agrícolas, pecuarias y del medio ambiente - ECAMPA

Programa de Agronomía

San Juan de Pasto

2021

Evaluación de Fosetyl-Aluminio en el manejo de la madurez prematura en cuatro variedades de papa (*Solanum tuberosum*) en el municipio de Imues, Nariño

Ever David Moran Bastidas

Trabajo de grado para optar el título de AGRÓNOMO

Director:

Jairo Hernán Mosquera Guerrero I.A. Ph.D

Universidad Nacional Abierta Y A Distancia - UNAD

Escuela de ciencias agrícolas, pecuarias y del medio ambiente - ECAMPA

Programa de Agronomía

San Juan de Pasto

2021

Agradecimientos

El autor expresa los más sinceros agradecimientos a:

A DIOS por permitirme salir adelanté y brindándome la oportunidad de aprender y cumplir mi sueño.

Al doctor Jairo Hernán Mosquera Guerrero I.A. Ph.D Director de trabajo de grado, por su tiempo y las orientaciones académicas como personales para poder culminar este proyecto.

Al profesor Benjamín Sañudo Sotelo. Por haberme permitido conocerlo con su conocimiento y dirección hacia la necesidad de crear investigación.

Al ingeniero agrónomo Carlos Flórez. Con su amistad me permitió su tiempo los conocimientos siendo el parte del grupo de investigación GRISAV, Universidad de Nariño.

A la universidad nacional abierta y a distancia por permitirme formarme académicamente y personalmente.

Y demás personas, que de una otra manera contribuyeron a la realización del presente trabajo de grado.

Dedicatoria

A mis padres, Ismenia Bastidas y Humberto Moran, por su apoyo incondicional para poder culminar esta meta y salir adelante.

A mi abuelo Serbio Tulio Bastidas, con sus consejos de sabiduría que siempre me los decía con el fin de guiarme por el camino correcto.

A mis hermanos, Yonairo Moran, Geiver Bastidas por estar apoyándome en mis proyectos.

Resumen

En las zonas paperas del suroccidente de Nariño en 2017, se evidenció una afectación denominada madurez prematura síntoma que se asocia con el envejecimiento y pudrición apical de raicillas; principalmente en variedades comerciales de papa (*Solanum tuberosum* L.). Ante la evidencia de que el oomicete *Pythium* sp. es el agente causal de la enfermedad y existiendo la necesidad de estudiar el patosistema (*S. tuberosum* y *Pythium* sp.), se planteó esta investigación para la evaluación del comportamiento de cuatro variedades comerciales (Pastusa Suprema, Superior, ICA-Única, y Diacol-Capiro), frente al ataque del fitopatógeno; así como la determinación del efecto de la molécula química Fosetyl-Aluminio como una alternativa de manejo. El ensayo experimental se realizó en un lote de pradera permanente localizado en el municipio de Imues (Nariño); el suelo fue inoculado bajo condiciones controladas empleando un sustrato de afrecho de trigo contaminado con una cepa virulenta de *Pythium* sp. Se utilizó un diseño de bloques completo al azar con parcelas divididas con tres repeticiones, ocho tratamientos (con Fosetyl-Al y sin aplicación) en cuatro variedades de papa. Las aplicaciones se realizaron en la siembra y emergencia total. El área de las unidades experimentales fue de 12 m². La incidencia de la afección se diagnosticó en la etapa de la tuberización, mediante la evaluación de síntomas de madurez prematura, evidenciando envejecimiento y pudrición radical. En la cosecha se determinó el número y peso tubérculos por planta de acuerdo a su categoría de tamaño, y el rendimiento comercial. Los resultados indican que la variedad Diacol Capiro tiene los mayores porcentajes en incidencia de la enfermedad, con la aplicación del Fosetyl-Al y sin aplicación (32,1% y 40,5%). Referente al rendimiento comercial, la variedad suprema, con aplicación de Fosetyl-Al alcanza un rendimiento de 23,3 Ton ha⁻¹ y una disminución de 10 Ton ha⁻¹ en la variedad Diacol capiro (13,4 Ton ha⁻¹) sin la aplicación de la molécula química.

Palabras claves: Madurez Prematura, *Pythium* sp, Fosetyl-Al y molécula química.

Abstract

In the mumps areas of the southwest of Nariño in 2017, an affection called premature maturity, a symptom associated with aging and apical rotting of rootlets, was observed, mainly in commercial varieties of wadding potato (*Solanum tuberosum* L.). There is evidence that the oomycete *Pythium* sp. is the causal agent of the disease, and in order to contribute to the knowledge of this pathosystem, the research evaluated the behavior of four commercial varieties (Pastusa Suprema, Superior, ICA-Única, and Diacol-Capiro), against the attack of the phytopathogen; as well as the effect of the chemical molecule Fosetyl-Aluminium as a management alternative. The experimental trial was conducted in a permanent pasture located in the municipality of Imues (Nariño); the soil was inoculated under controlled conditions using wheat bran substrate contaminated with a virulent strain of *Pythium* sp. A randomized complete block design was used with divided plots with three replications, eight treatments (with Fosetyl-Al and without application) in four potato varieties. Applications of the chemical molecule were made at sowing and total emergence. The incidence of the disease was determined at the tuberization stage, by observing plants with symptoms of premature maturity, evidencing aging and root rot. At harvest, the number and weight of tubers per plant was determined according to their size category; with the data obtained, the commercial yield was calculated. The results indicate that the Diacol Capiro variety presented the highest percentages of disease incidence with and without the application of Fosetyl-Al (32.1% and 40.5%). Regarding commercial yield, the Suprema variety, with application of fosetyl-Al reached a yield of 23.3 t. ha⁻¹ and a decrease of 10 t. ha⁻¹ compared to the Diacol Capiro variety (13.4 t. ha⁻¹) without the application of the chemical molecule.

Key words: Premature maturity, *Pythium* sp, Fosetyl-Al and chemical molecule.

Tabla de contenido

Lista de tablas	10
Lista de figuras.....	11
Introducción	12
Objetivos.....	14
Objetivo general	14
Objetivos específicos.....	14
Materiales y métodos	15
Localización.....	15
Diseño experimental	16
Preparación del inoculo	16
Desarrollo en campo.....	17
Mapa de campo	18
Generalidades de la molécula Fosetyl aluminio	19
Variables evaluadas	20
Incidencia de madurez prematura.....	20
Altura de plantas y número de tallos	20
Peso de tubérculos por planta	21
Rendimiento comercial (Ton ha ⁻¹).....	22
Análisis de datos	22
Resultados y discusión	23
Incidencia de plántulas con madurez prematura.....	24
Atura de planta.....	27
Numero de tallos.....	29
Rendimiento por planta de tubérculos grandes (90-120 g), medianos (60-80 g) y pequeños (<40 g)	31
Tubérculos grandes.....	31
Tubérculos medianos.....	31

Tubérculos pequeños	31
Rendimiento comercial (Ton ha ⁻¹).....	35
Conclusiones.....	37
Recomendaciones	38
Referencias bibliográficas.....	39

Lista de tablas

Tabla 1. Análisis de varianza, cuadrados medios.	23
Tabla 2. Porcentaje de plántulas con madurez prematura.....	25
Tabla 3. Altura de plantas (centímetros).....	28
Tabla 4. Numero de tallos por planta.....	30
Tabla 5. Rendimiento de papa grande.....	33
Tabla 6. Rendimiento de papa mediana.....	33
Tabla 7. Toneladas por hectárea.	36

Lista de figuras

Figura 1. Lote de la investigación.....	15
Figura 2. Phythium en microscopio y micelio.....	17
Figura 3. Mapa de campo.....	18
Figura 4. Información química del Fosetyl-AL.....	19
Figura 5. Planta con Síntomas de madurez prematura.....	20
Figura 6. Altura y número de tallos en variedad superior.....	21
Figura 7. Tubérculos grandes medianos y pequeños	22
Figura 8. Incidencia (%) de madurez prematura en cuatro variedades de papa guata con y sin aplicación de Fosetyl-AL.....	26
Figura 9. Raíz de planta con Fosetyl-Al y sin Fosetyl-Al y síntomas.....	26
Figura 10. Altura de plantas (centímetros).....	28
Figura 11. Numero de tallos por planta.....	30
Figura 12. Rendimiento de papa grande.....	34
Figura 13. Rendimiento de papa mediana.....	34
Figura 14. Toneladas por hectárea.....	36

Introducción

La papa es el tercer cultivo alimentario de mayor importancia a nivel mundial, sembrándose en 156 países (CIP, 2017). En Colombia es el segundo cultivo de mayor importancia, aportando el 3.3% al PIB agropecuario. Además es la principal economía para más de cien mil familias y genera alrededor de 264 mil empleos directos. Son nueve departamentos productores de papa donde se estima una producción de cerca 2.782.676 toneladas de papa en un área de 120 a 140 mil hectáreas Minagricultura, (2020) ; Fedepapa, (2020). En Nariño se obtiene el 20% de la producción nacional que corresponde a 541.412 toneladas, en un área proyectada de 24.000 ha. Las principales variedades comerciales son: Criolla, Diacol Capiro, Ica-Única, Parda Pastusa, Pastusa Suprema y Superior Fedepapa, (2020).

En el departamento de Nariño el cultivo de la papa es una de las principales actividades económicas para el sector agrícola. Fiers et al (2012), argumenta que es el cuarto cultivo alimentario del mundo, con niveles socioeconómico de entradas y salidas por cosecha. Desafortunadamente, existen una serie de factores que limitan la producción, dentro de los cuales se encuentran los problemas fitosanitarios. También Fiers.et al (2012) afirma que aproximadamente más de 40 enfermedades patogénicas son transmitidas del suelo a las plantas de papa, presentando enormes pérdidas económicas. Actualmente se prevé un escenario desfavorable para la sanidad del cultivo de la papa, al observarse ataques más fuertes de plagas y enfermedades, así como la emergencia de otras patologías como la madurez prematura.

En las principales áreas productoras de papa del departamento de Nariño, a partir del año 2017, se ha observado una afección en los cultivos de la variedad Diacol Capiro, una de las causas dentro cultivo es el mal manejo de las siembras sucesivas de papa en los mismos sitios, aumentando los niveles y la dispersión del inóculo de *Pythium* sp, referente a esto Okubara et al.,

(2014), afirma que son capaces de sobrevivir en el suelo como oosporas de paredes gruesas en ausencia de residuos del hospedador, lo que los hace particularmente longevos en el campo. Fiers et al (2011) define que las condiciones favorables para el desarrollo de los patógenos del suelo son las mismas que para el crecimiento de cultivos con temperaturas 10 °C y 25 °C, alta humedad y un rango de pH 5,5 a 7,0, cuyo principal síntoma es la madurez de las plantas desde la etapa de floración, acortando el ciclo de tuberización y disminuyendo los rendimientos. Se ha observado en el sistema radical de las plantas afectadas, una pudrición y envejecimiento de raíces, de las cuales se ha identificado en inoculaciones en plantas jóvenes de *Diacol capiro* bajo un ambiente controlado del Oomycete *Pythium* Betancourth et al., (2020).

El género *Pythium* con más de 200 especies descritas, es considerado un habitante natural del suelo que es capaz de causar numerosas enfermedades, principalmente la pudrición de raíces atacando a la gran mayoría de cultivos de gran importancia económica (trigo, tomate, leguminosas, pastos cítricos entre otros), provocando importantes pérdidas económicas Hendrix & Campbell, (1973); Bodah, (2017). La mayoría de las especies patogénicas generalmente infectan el tejido radical juvenil de las plantas, lo que puede verse reflejado en un retraso en el crecimiento, amarillamiento generalizado, así como muerte de individuos cuando hay ataques severos Minchinton, (2013).

En esta investigación, se buscó establecer algunas bases técnicas para el manejo químico de la enfermedad denominada madurez prematura, *Pythium* sp como una alternativa dentro de un plan de manejo integrado de enfermedades (MIE), en cuatro cultivares de papa: superior, *Diacol capiro*, ICA única y suprema pastusa y su comportamiento frente a la aplicación de Fosetyl-Aluminio, donde se evaluó el porcentaje de incidencia de madurez prematura, altura de plantas, número de tallos, rendimientos por planta y rendimiento comercial (Ton ha⁻¹).

Objetivos

Objetivo general

Evaluar el efecto de la molécula química Fosetyl-Aluminio como una alternativa de manejo de para la enfermedad madurez prematura en cuatro variedades de papa (*solanum tuberosum*) en el municipio de Imués, Nariño.

Objetivos específicos

Determinar la incidencia y severidad de la madurez prematura en cuatro variedades de papa guata con y sin control químico

Evaluar el comportamiento de cuatro genotipos de papa frente al ataque de *Pythium* sp en un lote experimental previamente inoculado.

Cuantificar la disminución en los rendimientos por el ataque de *Pythium* sp.

Materiales y métodos

El proyecto de investigación se realizó en el segundo semestre del año 2020, las actividades de trazado, preparación de terreno se llevó acabo con unos 15 días de anticipación para luego dar inicio a la siembra el 4 de noviembre del año 2020.

Localización

El proyecto de investigación se desarrolló en la vereda Portachuelo, municipio de Imues ubicado a 3061 msnm longitud -77.54659020 latitud 1.09780765, Mobile topograoher precipitación 10 mm anual, temperatura promedio 15⁰ y humedad relativa 65%. Clase suelo de la zona, con tamos con Andisoles profundos, ricos en MO, baja saturación de bases suelos aptos para la agricultura, como también suelos de tipo Ultisoles cargados en arcillas IGAC, (2004).

Figura 1

Lote de la investigación.



Nota. La figura representa el trazado y siembra de papa.

Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques completo al azar con parcelas divididas con tres repeticiones, ocho tratamientos (con Fosetyl-Al y sin aplicación) en cuatro variedades de papa. Las dimensiones del lote experimental fueron en total de 360 m² con 18 surcos de 20 m de longitud a 1 m entre ellos. Cada unidad experimental de tres surcos de 4 m, con tres repeticiones y en cada uno se sembró 11 tubérculos de semilla separados a 0,4 m.

Los tratamientos correspondieron a cuatro variedades de papa con la aplicación de Fosetyl-Al y un testigo sin Fosetyl-Al, donde se denominaron así: T1 Superior con Fosetyl-Al, T2 Diacol Capiro con Fosetyl-Al, T3 Suprema con Fosetyl-Al, T4 Única con Fosetyl-Al, T5 Diacol Capiro sin Fosetyl-Al, T6 Superior sin Fosetyl-Al, T7 Única sin Fosetyl-Al y T8 Suprema sin Fosetyl-Al.

Preparación del inóculo

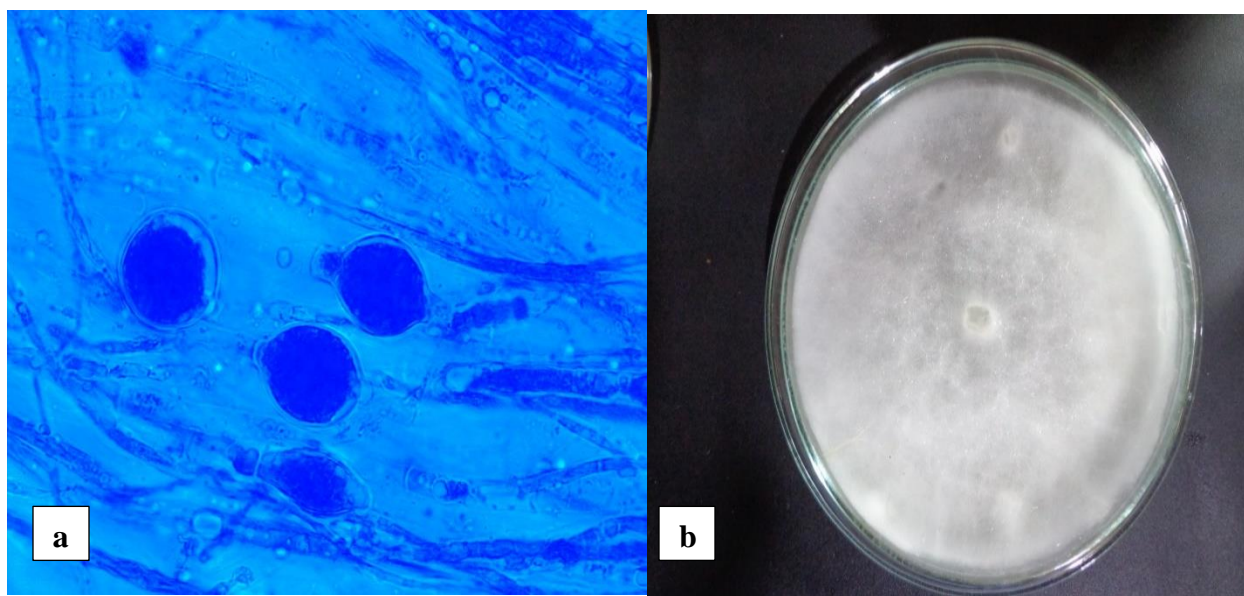
La inoculación y evaluación del control químico se realizó con base en los conceptos orientados por Sañudo (2019). Se utilizó la cepa patogénica de *Pythium* sp. (Figura 2) aislada de tejidos radicales afectados por la papa, el proceso se realizó en el laboratorio del grupo de investigación de Sanidad Vegetal (GRISAV) de la Universidad de Nariño.

El inóculo se obtuvo a partir de colonias purificadas en cajas de Petri (90mm) de la cepa denominada 006 *Pythium* en medio PDA (Papa dextrosa Agar) incubadas durante 8 días a 20°C. Para su multiplicación se empleó 5 kg de afrecho de trigo enmendado con el antibiótico rifampicina (300mg/ml) y distribuidos en porciones de 50 gr en frascos de vidrio de 500 ml y esterilizados en una autoclave a 15 PSI por 30 minutos, después de un periodo de enfriamiento a temperatura ambiente, se sembró el micelio procedente de las placas puras, dentro de una cámara de flujo laminar, posteriormente los recipientes debidamente sellados, se incubaron durante 21

días hasta observar la total colonización del micelio característico del oomycete, el cual se corrobora al microscopio.

Figura 2

Phythium en microscopio y micelio.



Nota. a *Phythium* sp observado en microscopio b. micelio del patógeno en caja de Petri. Fuente AGRISAV.

Desarrollo en campo

Al momento de la siembra, alrededor de cada tubérculo de semilla se dispersó 5 gramos del inoculo; se aplicó el Fosetyl-Aluminio (FOSETAL 80 WP) con dosis de 4 g por litro de agua en las correspondientes parcelas experimentales de los primeros cuatro tratamientos (T1, T2, T3, T4). Luego se realizó el debido tapado de forma manual. Posteriormente se efectuó una segunda aplicación de Fosetyl Aluminio a los 30 días después de la siembra (dds), durante el evento de emergencia de plantas.

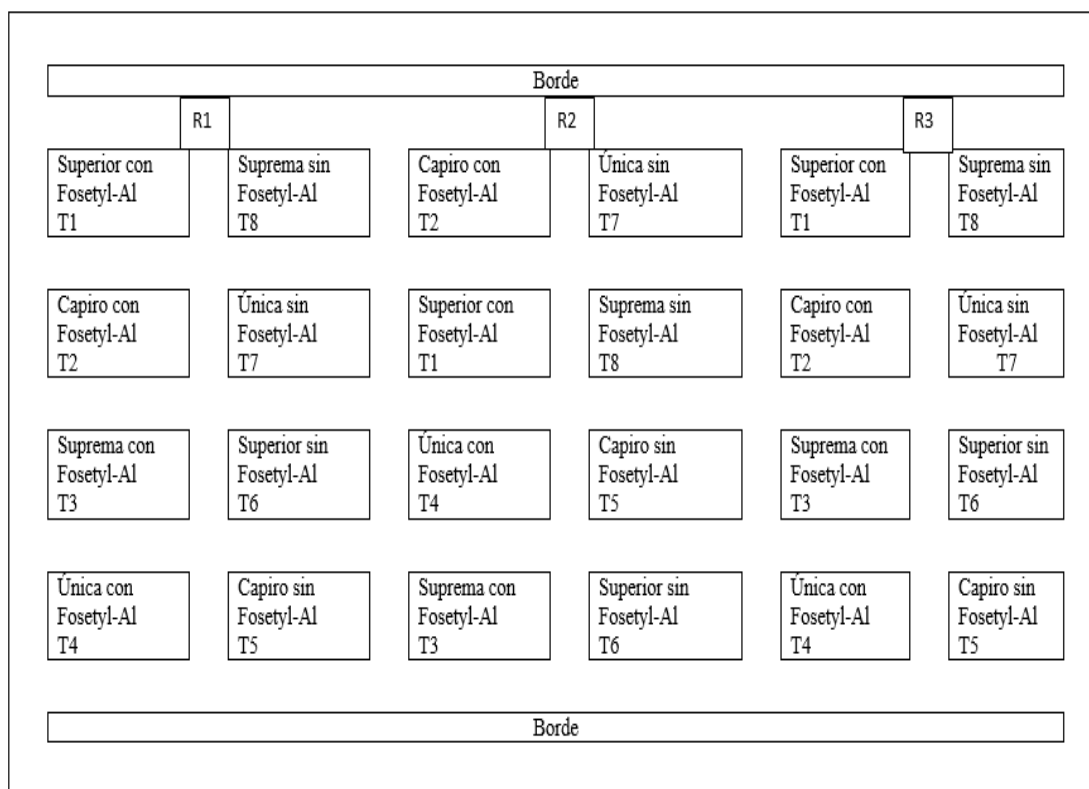
En cuanto a la fertilización del ensayo, para un mantenimiento nutricional se aplicó la mezcla comercial 15-15-15 en cantidades equivalentes a una Ton ha⁻¹, distribuida en dos épocas

a los (30 dds) y al primer aporque (60 dds). Igualmente se efectuó un control de plagas y enfermedades limitantes. Para el caso del tizón tardío (*Phytophthora infestans*), no se aplicaron con moléculas con translocación totalmente sistémica, para evitar algún probable efecto sobre *Pythium* sp.

Mapa de campo

Figura 3

Mapa de campo.



R= repetición T= tratamiento

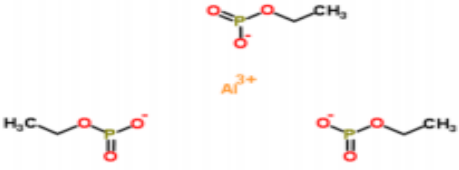
Nota. Distribución de diseño de bloques completo al azar con parcelas divididas con tres repeticiones, ocho tratamientos en lote experimental.

Generalidades de la molécula Fosetyl aluminio

Es un fungicida sistémico utilizado comercialmente para el ataque de hongos sobre cultivos en crecimiento activo, pertenece al grupo químico de los organofosforados de sales inorgánicas, con un acciones preventivas y curativas, al ser absorbido por la planta se metaboliza rápidamente basipetalo y acropetalo, después de la aplicación estimula las defensas de la planta controlando patógenos tanto foliar y raíz para el grupo de los *oomycetes*. Fuente: DVA go further.together, Torres Ana (2016)

Figura 4

Información química del Fosetyl-AL.

Analitos	Fosetyl-Al
Fórmula química	$C_6H_{18}AlO_9P_3$
Estructura química	
Masa molecular	354,104 u
Nombre IUPAC	Aluminio de tris(etilfosfonato)
Tipo de plaguicida	Fungicida sintético
Estado físico	Sólido en polvo incoloro
Temperatura de descomposición	277 °C
Grupo químico	Organofosfonato
Solubilidad a 20 °C	Agua: 110000 mg/l n-heptano: 1 mg/l Acetona: 6 mg/l Metanol: 805 mg/l
Constante de disociación a 25 °C	pKa=4,7 Ácido débil
Presión de vapor a 25 °C	10^{-4} mPa

Nota. Características fisicoquímicas de la molécula química. Torres Ana (2016).

Variables evaluadas

Incidencia de madurez prematura

En las etapas de emergencia y de tuberización activa se tomaron tres surcos de cada parcela y se determinó la incidencia de la enfermedad mediante el seguimiento sintomatológico, contabilizando 10 plantas, con síntomas de la enfermedad, como disminución del tamaño, clorosis en el tercio inferior de la planta y madurez prematura; en las plantas sintomáticas se efectuó un monitoreo en la zona radical para verificar la pudrición húmeda de los extremos de raicillas, tejidos de los cuales se recuperó al oomycete. Fotos

Figura 5

Planta con Síntomas de madurez prematura.



Nota. El grafico representa plantas con síntomas en la etapa de tuberización 60 dds

Altura de plantas y número de tallos

En el momento de floración se tomó 10 plantas al azar de cada parcela experimental y se promedió la altura (cm) y el número de tallos verdaderos de ramas secundarias.

Figura 6

Altura y número de tallos en variedad superior.



Nota. La fotografía representa toma de muestra de variable sobre número de tallos y altura en un valor de 50 cm en variedad superior.

Peso de tubérculos por planta

Se realizó la cosecha de manera individual en cada sitio y se separaron los tubérculos por categoría de tamaño; primera (90-120 g); segunda (60-80 g) y de tercera (<40 g), y se pesaron utilizando una balanza manual tipo reloj (10kg)

Figura 7

Tubérculos grandes medianos y pequeños.



Nota. La fotografía representa la toma de muestras de la última variable evaluada como es rendimiento.

Rendimiento comercial (Ton ha⁻¹)

Con la suma de los pesos de tubérculos de primera y segunda categoría por planta y de acuerdo con la población por hectárea, se calculó el rendimiento de papa comercial.

Análisis de datos

Los datos cuantitativos se analizaron mediante el análisis de varianza y la prueba de simplificación de Test Duncan al nivel de 0.05 de probabilidad, utilizando el software estadístico Infostat 2019.

Resultados y discusión

Tabla 1

Análisis de varianza, cuadrados medios.

FV	G	%PMP	AP	NT	RPG	RPM	RPP	Ton Ha ⁻¹
	L							
Bloques	2	0,52	15,44	0,12	0,01	0,0044	0,01	11,25
		NS	NS	*	NS	NS	NS	*
Dosis	1	353,43	201,84	0,7	0,62	0,09	0,0042	131,34
		*	*	*	*	*	NS	*
Dosis*Bloques	2	1,23	4,26	0,004	0,0043	0,007	0,0029	0,41
Variedades	3	264,1	506,01	0,09	0,06	0,01	0,004	34,08
		*	*	NS	NS	*	NS	*
Variedades*Dosis	3	8,82	10,97	0,02	0,02	0,0032	0,0022	1,39
		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Error	1	20,30	7,82	0,01	0,01	0,0001	0,0028	3,08
	2							
Media		26,51	36,96	2,25	0,65	0,35	0,32	18,96
CV %		17,00	7,56	4,73	11,13	9,24	16,43	9,25
R2		0,83	0,95	0,90	0,93	0,92	0,57	0,88

Cv%= coeficiente de variación; R2= coeficiente de determinación; Fv= fuentes de variación; Gl= grados de libertad; ()= Nivel de significancia al 0.05 % de probabilidad; NS= sin diferencias significativas estadísticas; %PMP porcentaje de plantas con madurez prematura; AP altura de plantas; NT= número de tallos; RPG= rendimiento de papas grandes; RPM= rendimiento de papas medianas; RPP= rendimiento de papas pequeñas; Ton Ha⁻¹= toneladas por hectárea*

Incidencia de plántulas con madurez prematura.

De acuerdo al análisis de varianza (tabla 1), para el porcentaje de plantas con madurez prematura (incidencia de la enfermedad), se determinó diferencias significativas para el factor B (con y sin aplicación de Fosetyl-Al. Al realizar la comparación de medias, prueba Duncan (tabla 2), se observó que el tratamiento sin Fosetyl-Al presento mayor porcentaje de incidencia fue la variedad Diacol capiro (40,5%) y la menor incidencia se presentó en el tratamiento con Fosetyl-Al aplicado a la variedad superior (17.3%), permitiendo afirmar que la molécula química tiene un efecto sobre la incidencia de la enfermedad.

Igualmente la variedad Diacol capiro presento con la aplicación de Fosetyl-Al, alcanzo un valor promedio de 32,2% de incidencia, con igualdad estadística respecto a las variedades Única (27,4%), Superior (26,8%) y Suprema (26,7%) no tratadas con la molécula. La variedad Superior con la aplicación de Fosetyl-Al mostro la menor incidencia (17,3%), sin diferencias significativas respecto a las variedades Única (18,6%) y Suprema (22,6%) con el tratamiento químico. Las variedades superior y única con tratamiento presentaron menor incidencia a madurez, además la variedad Diacol capiro redujo la incidencia en un 8,3% frente al testigo.

Con respecto a la madurez prematura un mes antes de la cosecha, la altura y número de tallos por planta, indico que hubo protección del producto respecto a la pudrición de puntas de raicillas de la planta ante el ataque de *Pythium sp.*, al respecto Bodad (2017) afirma que los síntomas más comunes son marchitez, follaje amarillo escaso y muerte regresiva, generalmente destruye tejidos conductor del sistema radicular lo que dificulta el transporte de agua y minerales a la parte alta de la planta causando síntomas atunemente mencionados. En la investigación se presentó un comportamiento diferente en las cuatro variedades, siendo Diacol capiro la de mayor incidencia por que la cepa del patógeno fue aislada de plantas afectadas, por este motivo se

presentó mayor incidencia, a diferencia de los otros genotipos que mostraron una mayor tolerancia a *Pythium sp* (AGRISAV 2020)

Probablemente también se atribuye a la presencia del patógeno *Rhizoctonia solani* que existe un comportamiento similar entre los dos patógenos, por ser habitantes del suelo causando síntomas similares que producen lesiones necróticas perdiendo raíces como tallos en la papa a diferencia de *Rhizoctonia solani* que causa necrosamiento, quemazones principalmente de estolones y *Pythium* muerte de raíces jóvenes, observándose envejecimiento de acuerdo a lo mencionado por Okubara et al., (2014). Al respecto Betancourth et al. (2020), manifiesta que este patógeno se determina por la agresividad en aislamientos donde ocasionan plantas amarillentas, en algunos casos hasta con muerte de la planta.

Tabla 2

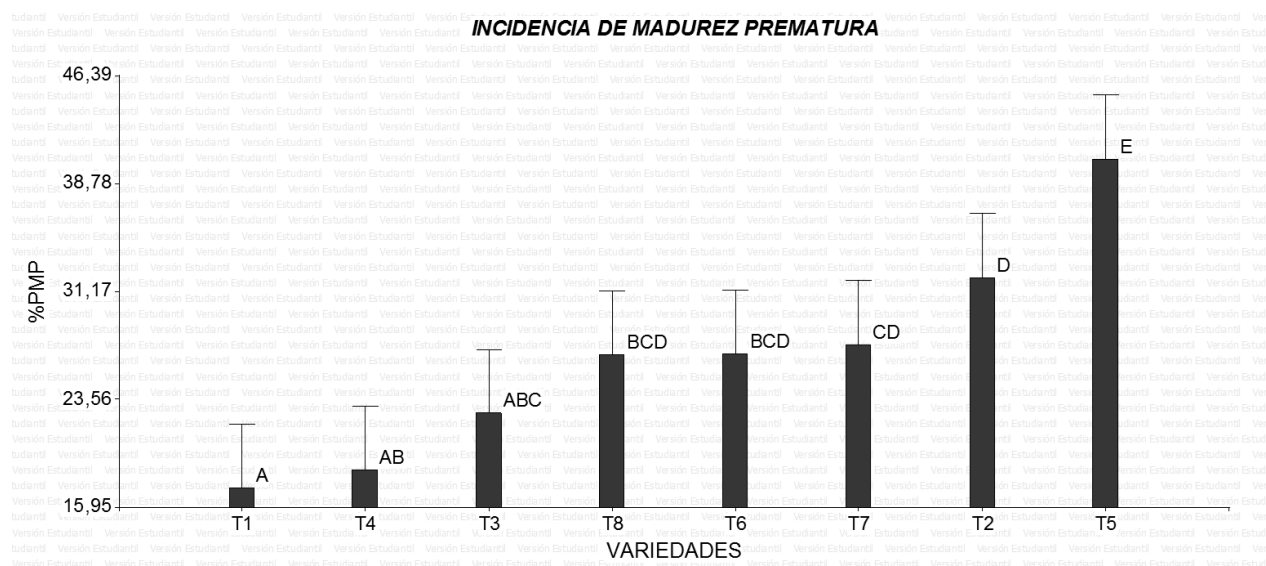
Porcentaje de plántulas con madurez prematura.

VARIETADES	Medias			
Superior (con Fosetyl-Al)	17,33	a		
Única (con Fosetyl-Al)	18,60	a	b	
Suprema (con Fosetyl-Al)	22,60	a	b	c
Suprema (sin Fosetyl-Al)	26,70		b	c d
Superior (sin Fosetyl-Al)	26,77		b	c d
Única (sin Fosetyl-Al)	27,43			c d
Capiro (con Fosetyl-AL)	32,17			d
Capiro (sin Fosetyl-Al)	40,50			e
R ²	0,83			
CV	17			

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 8

Incidencia (%) de madurez prematura en cuatro variedades de papa guata con y sin aplicación de Fosetyl-AI.

**Figura 9**

Raíz de planta con Fosetyl-AI y sin Fosetyl-AI y síntomas.



Nota. La fotografía representa el tratamiento con y sin Fosetyl-AI, como mejora el sistema radicular.

Atura de planta

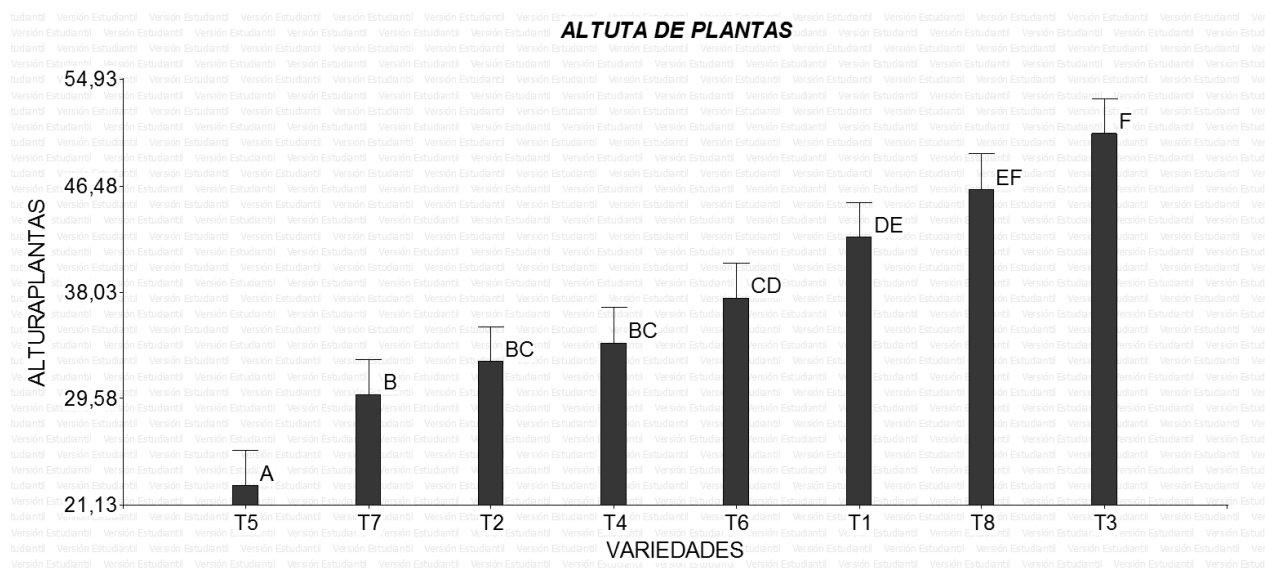
En la tabla 3 se determinó que la altura promedio de plantas en los tratamientos fue de 39,9 cm con aplicación de la molécula química Fosetyl-Al y 34,1 cm sin aplicación. La altura de las variedades es diferentes a sus características genotípicas donde la molécula química por ser sistémico, genera mayor protección por su movimiento acropetalo y basipetalo y se ve reflejado en el tamaño. Kuznetsova et al. (2018) Refiere que *phythium sp*, provoca la reducción de la altura de la planta entre un 23 y 35 %, así mismo Betancourth et al. (2020) manifiesta que hay una disminución en el tamaño de las plantas en los diferentes aislamientos realizados.

Se encontró diferencias importantes (figura 10) en la interacción del factor a y b, en la altura de plantas siendo mayor en la variedad suprema (50,6 cm) con Fosetyl-Al y además presento un buen tamaño sin Fosetyl-AL (46,1 cm), posiblemente se presenta esta situación por sus comportamiento genotípico con respecto a la variedades Diacol Capiro y única, que presentaron menor tamaños para el factor b, sin embargo en relación con la enfermedad, la variedad suprema mostro mayor tolerancia que las variedades Diacol Capiro,(22,7) única(29,9) y superior(42,3) cuando no se aplica Fosetyl –Al.

Tabla 3*Altura de plantas (centímetros)*

VARIETADES	Medias			
Capiro (sin Fosetyl-AI)	22,67	a		
Única (sin Fosetyl-AI)	29,87		b	
Capiro (con Fosetyl-AL)	32,50		b	c
Única (con Fosetyl-AL)	34,00		b	c
Superior (sin Fosetyl-AI)	37,53			c d
Superior (con Fosetyl-AL)	42,37			d e
Suprema (sin Fosetyl-AI)	46,20			e f
Suprema (con Fosetyl-AL)	50,60			f
R ²	0,95			
CV	7,56			

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 10*Altura de plantas (centímetros).*

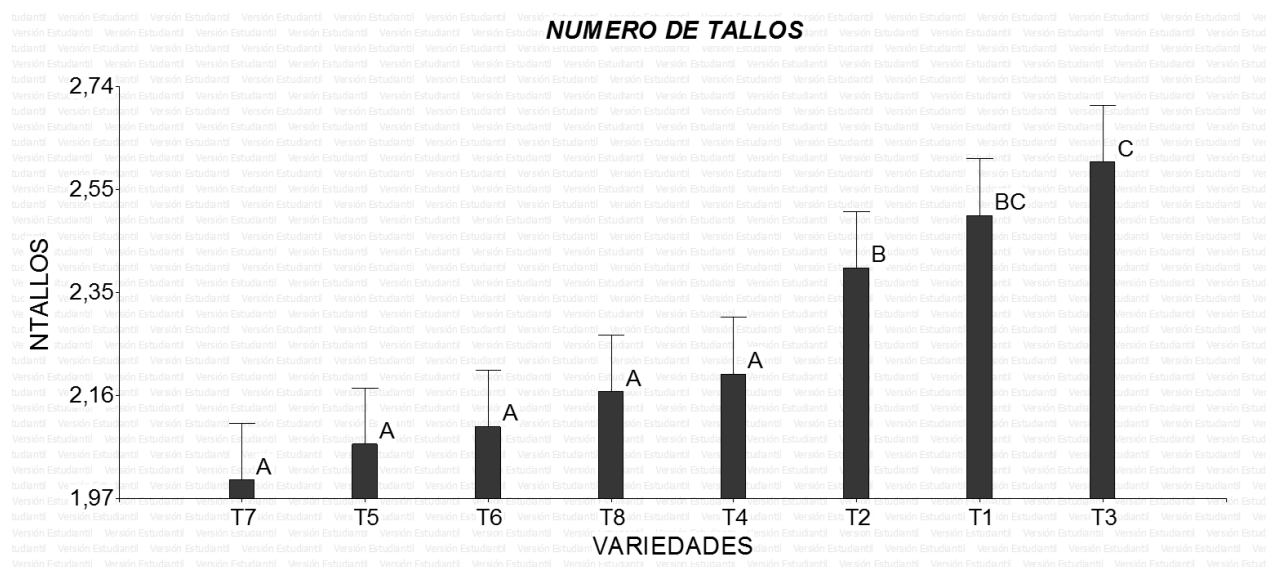
Numero de tallos

El número de tallos con protección Fosetyl-AL se incrementó a 2,5 por planta respecto a 2,1 tallos sin Fosetyl-AL. Se encontraron diferencias significativas (tabla 4) donde la variedad Suprema mostro un promedio de 2.6, tallos por planta con Fosetyl-AL, siendo la variedad única con menor producción de tallos por planta, con una media de 2,0 tallos. La molécula Fosetyl-AL género una mejor protección traduciéndose en la producción de mayor numero de tallos por planta. Se observó que las variedades única y Diacol Capiro fueron más susceptibles en la madurez prematura con valores de 2,0 y 2,2 tallos por planta (figura 11).

Referente a este tema Kuznetsova et al. (2018) afirma que *phythium sp*, provoca la reducción de la tallos de la planta entre un 23 y 35 % debido al ataque sobre el sistema radical que afecta el crecimiento y desarrollo disminuyendo la formación de tallos, corroborando lo encontrado por Betancourth et al. (2020) en relación a la disminución del tamaño de las plantas en los diferentes aislamientos realizados. En las investigaciones realizadas por Kuznetsova et al. (2018) encontró registros donde se evidencia una disminución en la germinación lo cual afecta directamente al número de tallos por planta entre el 6 y 10%. Las aplicaciones al suelo de Fosetyl- Al antes de la siembra no solo previno lo anteriormente mencionado sino se observó un efecto positivo en el desarrollo de las plantas.

Tabla 4*Numero de tallos por planta.*

VARIETADES	Medias		
Única (sin Fosetyl-Al)	2,00	a	
Capiro (sin Fosetyl-Al)	2,07	a	
Superior (sin Fosetyl-Al)	2,10	a	
Suprema (sin Fosetyl-Al)	2,17	a	
Única (con Fosetyl-AL)	2,20	a	
Capiro (con Fosetyl-AL)	2,40	b	
Superior (con Fosetyl-AL)	2,50	b	c
Suprema (con Fosetyl-AL)	2,60	c	
R ²	0,9		
CV	4,73		

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)***Figura 11***Numero de tallos por planta.*

Rendimiento por planta de tubérculos grandes (90-120 g), medianos (60-80 g) y pequeños (<40 g)

El análisis de varianza (tabla 1) mostro diferencias significativas para tubérculos grandes ósea de primera categoría y tubérculos medianos de segunda. En los tubérculos pequeños no se presentaron diferencias significativas.

Tubérculos grandes

En la (tabla 5) se presentaron diferencias significativas donde la aplicación con la molécula química Fosetyl-AL que se realizó al momento de la siembra género un buen desarrollo del sistema radical, que permitió formar los primeros estolones para producir papas grandes con Fosetyl-AL y un rendimiento 0,89 kg por planta en la variedad única con su mejor producción, La variedad Diacol capiro presento menos rendimiento para el factor b.

Tubérculos medianos

Se presentaron diferencias con la aplicación de Fosetyl-AL (tabla 6) para la variedad superior 0,44 kg por planta esto se debe a su característica genotípica y ciclo fenológico donde esta variedad es más tardía, su producción de papas medianas pueden pasar a tubérculos grandes. Las variedades única y Diacol capiro (0,23-0,24 kg planta) presentaron menores rendimientos sin la aplicación de Fosetyl-AL por su incidencia de la enfermedad (madurez prematura) que causo aceleración del ciclo fenológico, por consiguiente los tubérculos no alcanzaron un mayor tamaño.

Tubérculos pequeños

El análisis de varianza no mostro diferencias, lo que indica que no se pudo determinar la interacción de cada factor frente a la aplicación del Fosetyl-AL, un hecho importante en el rendimiento de papa pequeña es que aumento sin la protección de Fosetyl-AL, debido a que el

ataque del patógeno hace que los tubérculos alcancen el tamaño normal, concluyendo que el rendimiento de papas pequeñas se mantuvo por efecto del patógeno.

En los tratamientos (con y sin Fosetyl-Al), se presentaron diferencias estadísticas tanto para tubérculos grandes y medianos que representaron valores diferenciales económicos para el productor, donde los efectos del medioambiente especialmente las características de fertilidad natural del suelo que parecieron enmascarar los efectos del tratamiento. Es importante mencionar que con la aplicación del Fosetyl-Al, los rendimientos se incrementan significativamente, aportando protección radical, llevando a la formación de raíces y estolones para un llenado de tubérculos permitiendo generar grandes y medianos, lo que significa un manejo efectivo del patógeno (*phythium* sp)

En las figuras 12 y 13 se observó que en los 4 genotipos hay reducción de rendimientos de producción de tubérculos grandes y medianos sin la aplicación de Fosetyl-Al, al respecto Betancourth et al. (2020) afirmó que el genotipo Diacol Capiro presentó mayor incidencia de madurez prematura y bajo rendimiento, por tanto surge la necesidad de evaluar los de más genotipos donde se observó los mismos síntomas. Según Kuznetsova et al. (2018) encontró una disminución del rendimiento entre 26 y 35% cuando no se realiza la aplicación con la molécula química (azoxistrobina y mefenoxam).

Tabla 5*Rendimiento de papa grande.*

VARIETADES	Medias			
Capiro (sin Fosetyl-Al)	0,33	a		
Única (sin Fosetyl-Al)	0,40	a		
Superior (sin Fosetyl-Al)	0,61		b	
Suprema (sin Fosetyl-Al)	0,61		b	
Capiro (con Fosetyl-AL)	0,70		b	c
Superior (con Fosetyl-AL)	0,82			c d
Suprema (con Fosetyl-AL)	0,84			d
Única (con Fosetyl-AL)	0,89			d
R ²	0,93			
CV	11,13			

Tabla 6*Rendimiento de papa mediana.*

VARIETADES	Medias			
Única (sin Fosetyl-Al)	0,23	a		
Capiro (sin Fosetyl-Al)	0,24	a		
Superior (sin Fosetyl-Al)	0,33		b	
Suprema (sin Fosetyl-Al)	0,35		b	c
Única (con Fosetyl-AL)	0,39		b	c d
Capiro (con Fosetyl-AL)	0,40			c d
Suprema (con Fosetyl-AL)	0,42			d
Superior (con Fosetyl-AL)	0,44			d
R ²	0,92			
CV	9,24			

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 12
Rendimiento de papa grande.

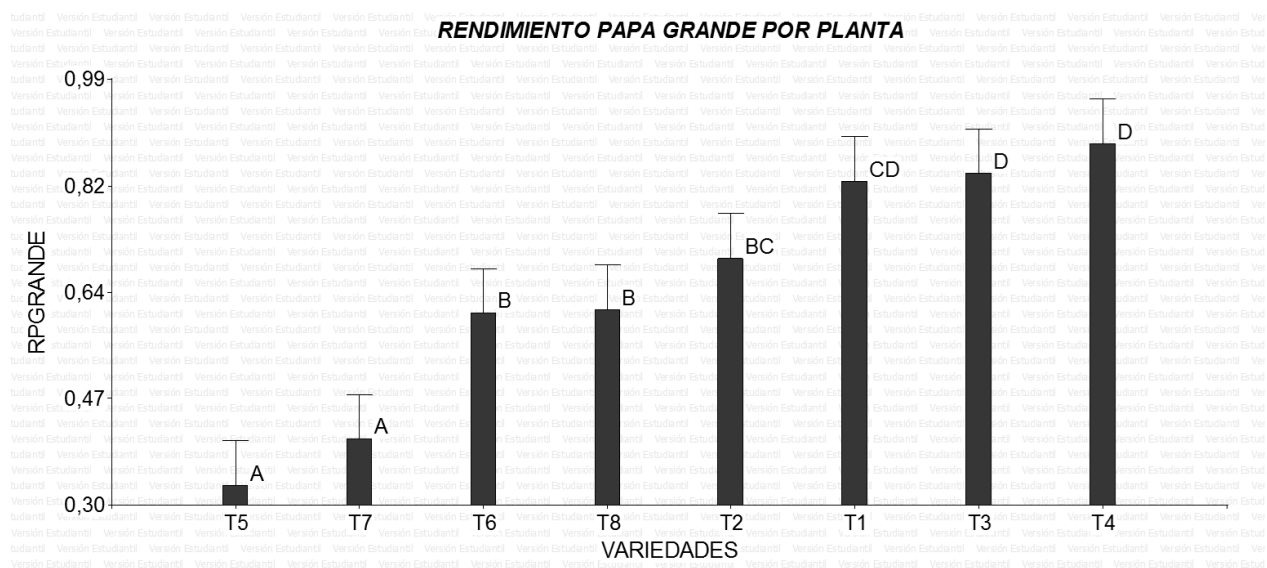
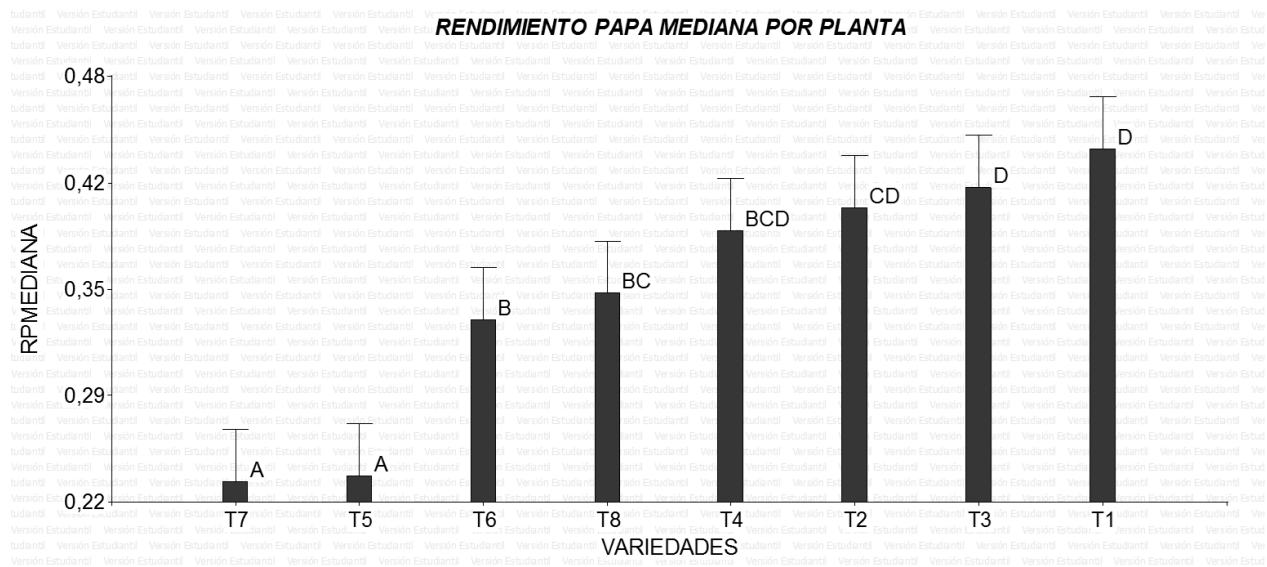


Figura 13
Rendimiento de papa mediana.



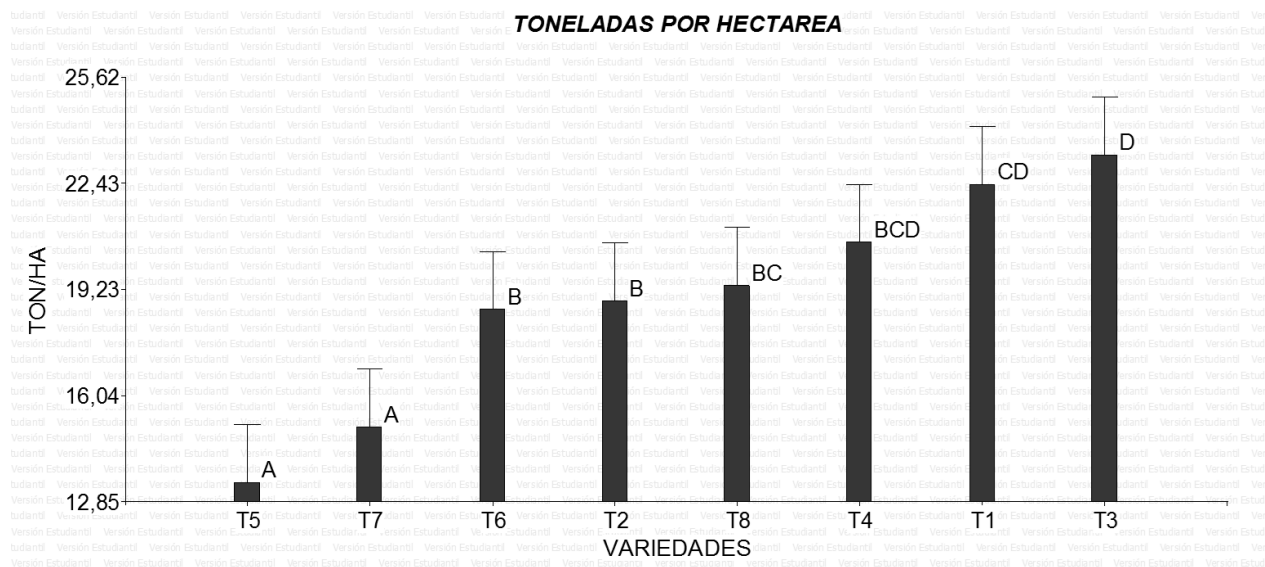
Rendimiento comercial (Ton ha⁻¹)

El análisis de varianza mostro diferencias significativas posiblemente al efecto de la interacción genotipo ambiente donde la tendencia es disminuir el rendimiento en todas las variedades cuando no se aplica Fosetyl-Al (tabla 7). El mayor rendimiento con aplicación de Fosetyl- Al se alcanzó con la variedad suprema (23,3 Ton ha⁻¹) en comparación con la variedad Diacol capiro (13,4 Ton ha⁻¹) con una diferencia del 57,5% (10 Ton ha⁻¹) sin la aplicación de la molécula química. Sobre este aspecto Bodah (2017) afirmo que en algunos cultivos especiales las pérdidas de rendimiento son hasta el 80%, e igualmente Hendrix y Campbell (1973) registraron disminución en el rendimiento al provocar muerte de raíces, reducción de crecimiento de tallos y frutos causado por especies de pythium. Los rendimientos según FEDEPA, (2020) son promedios de 22, 37 toneladas por hectárea en el departamento de Nariño que coinciden con lo alcanzado en la investigación al aplicar Fosety-Al en la variedad suprema. Además reporta que los rendimientos promedios para las variedades son: 32,08 Ton ha⁻¹, Diacol capiro 32,1 Ton ha⁻¹ superior, evidenciando que en la investigación el patógeno afecto mucho a los promedios reportados anteriormente conjuntamente para la parte económica para los productores. Los resultados obtenidos abren nuevas posibilidades para nuevos estudios, Kuznetsova et al. (2018) registra estudio exitoso sobre el uso de abonos verdes con el género Brassica para el control del patógeno.

Tabla 7*Toneladas por hectárea.*

VARIETADES	Medias				
Capiro (sin Fosetyl-AI)	13,43	a			
Única (sin Fosetyl-AI)	15,09	a			
Superior (sin Fosetyl-AI)	18,63		b		
Capiro (con Fosetyl-AL)	18,88		b		
Suprema (sin Fosetyl-AI)	19,36		b	c	
Única (con Fosetyl-AL)	20,66		b	c	d
Superior (con Fosetyl-AL)	22,40			c	d
Suprema (con Fosetyl-AL)	23,28				d
R ²	0,88				
CV	9,25				

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 14*Toneladas por hectárea.*

Conclusiones

La aplicación al suelo en el momento de la siembra y germinación de la papa, la molécula química Fosetyl-Al es una alternativa de manejo para la enfermedad madurez prematura, en las cuatro variedades de papa no solo previno el ataque de *phythium* sp sino que proporciono el desarrollo de las plantas con aumentó de altura, numero de tallos y rendimiento con diferencias de 10 toneladas por hectárea frente al testigo.

Los genotipos con mayor susceptibilidad frente al ataque de la madurez prematura en las cuatro variedades de papa, con y sin control químico, fue Diacol capiro con 40,5 % mayor que superior y única y una disminución al ataque con 22.7 % respecto al testigo (30.4%).

El comportamiento de los cuatro genotipos de papa frente al ataque de *Pythium* sp, previamente inoculado, generó que la molécula Fosteyl-Al sea una de las alternativas de solución, para ser empleada en un plan de manejo integrado de enfermedades en el cultivo de papa.

Los rendimientos con la aplicación de Fosetyl-Al, para el control de *Pythium* sp, evidenció una mayor protección, mostrando diferencias significativas, donde la variedad suprema obtuvo el mejor rendimiento comercial (23.28 Ton ha⁻¹) con la aplicación de la molécula química.

Recomendaciones

Profundizar más investigación sobre la dinámica del patógeno *phthyium* sp en suelos cultivados en papa, donde se evalué la humedad del suelo.

Evaluar nuevas prácticas en suelos productores de papa como son rotación de cultivos, abonos verdes, manejo de humedad en el suelo y adopción de semillas certificadas ante la vulnerabilidad que está presentando el cultivo de papa en el departamento de Nariño.

Incorporar en las siguientes investigaciones un método de control biológico que garantice un manejo del cultivo con prácticas ambientalmente sostenibles.

Referencias bibliográficas

Betancourth, C., Sañudo, B., Flórez, C., Castro, B., Arteaga, F., Lagos, L., & Salazar, C. (2020).

Vulneración del cultivo de la papa ante problemas sanitarios emergentes (1rd ed.).

Universidad de Nariño.

<http://sired.udenar.edu.co/6844/1/CARTILLA%20PAPA%20FINAL.pdf>

Bodah ET. (2017) *Root Rot Diseases in Plants: A Review of Common Causal Agents and*

Management Strategies. Agri Res & Tech.

https://www.researchgate.net/publication/320713530_Root_Rot_Diseases_in_Plants_A_Review_of_Common_Causal_Agents_and_Management_Strategies

Centro internacional de la papa CIP (2017) *hechos y cifras sobre la*

papa. <https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/87957/CIP-Hechos-y-cifras-sobre-la-papa-Espanol-2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Díaz M., Rodríguez G., Rojas H., Pedraza E., Salgado R., Fernández P. (2011). *Identificación de*

especies de Pythium aisladas de plantas ornamentales. Revista Mexicana de Ciencias

Agrícolas. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=2631/263122300003>

Federación colombiana de productores de papa FEDEPAPA (2020), *Boletín regional*. 04

<https://fedepapa.com/wp-content/uploads/2020/06/Bolet%c3%adn-regional-Nari%c3%b1o-2020.pdf>

Fiers, Marie; Edel-Hermann, Véronique; Chatot, Catherine ; Hingrat, Yves; Alabouvette, Claude; Steinberg, Christian. (2012). *Potato soil-borne diseases. A review*. Agronomy for Sustainable Development - AGRON SUSTAIN DEV. Pag 93-98

<file:///C:/Users/David%20Moran/Downloads/SoildiseasesReviewFiersetal2012.pdf>

Hendrix, F. F., & Campbell, W. A. (1973). *Pythiums as plant pathogens. Annual Review of Phytopathology*, pag 77–98. <https://doi.org/10.1146/annurev.py.11.090173.000453>

IGAC, Instituto geografico Agustin codazzi. (2004) estudio general de suelos y zonificacon de tierras. <http://metadatos.igac.gov.co/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/metadata/f1569fe2-9493-4a6a-89e0-cbb2e6a17c7f>

Kuznetsova, M., Rogozhin, A. N., Smetanina, T. I., Demidova, V. N., & Statsyuk, N. (2018). *Pythium-Induced Root Rot of Potato and Its Control. Entomology and Applied Science Letters*. https://www.researchgate.net/publication/327118817_Pythium-Induced_Root_Rot_of_Potato_and_Its_Control

Minchinton Elizabeth. (2013). *Identification of IPM strategies for Pythium induced root rots in Apiacae vegetable.crops*. Victorian Department of Primary Industries. http://ausvegvic.com.au/pdf/r&d_IPM%20strategies%20for%20Pythium%20induced%20root%20rots%20in%20Apiacae_VG08026%20final.pdf

Ministerio de agricultura y desarrollo rural Minagricultura (2020), *Colombia cuenta con más de 510.000 hectáreas aptas para la siembra de papa para uso industrial*

<https://id.presidencia.gov.co/Paginas/prensa/2020/Colombia-cuenta-con-mas-de-510000-hectareas-aptas-para-la-siembra-de-papa-para-uso-industrial-200603.aspx>

Okubara P, Dickman M, Blechl Ann. (2014) *Molecular and genetic aspects of controlling the soilborne necrotrophic pathogens Rhizoctonia and Pythium.*

<https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2014.02.001>

Torres romera Ana, (2016), *Determinación de fosetylaluminio y su metabolito en Tomate mediante LC-MS/MS.* Pág. 6-9

http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/6095/10703_TFM_AnaRomeraTorres.pdf?sequence=1&isAllowed=y