

## Uso de una herramienta de apoyo a la toma de decisiones para el manejo del tizón tardío *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.)

### Use of a decision support system for the management of late blight *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, in potato (*Solanum tuberosum* L.) crop

### Uso de um sistema de apoio à decisão para o manejo da praga tardia *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, na cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.)

Wilmar Wilches-Ortiz<sup>1</sup>, Ruy Vargas-Díaz<sup>1</sup>, Eduardo Espitia-Malagón<sup>1</sup>, Clara Franco-Florez<sup>1</sup>

DOI: <https://doi.org/10.55996/dekamuagropec.v4i2.201>

#### RESUMEN

El manejo del tizón tardío o gota (*Phytophthora infestans*) en el cultivo de la papa es un limitante para los productores en Colombia, siendo importante buscar alternativas para su control. Por ello, el objetivo de este estudio fue evaluar un sistema de apoyo para la toma de decisiones (SAD) en el manejo de la enfermedad en tres cultivares de papa. Para esto se estableció un experimento en el municipio de Mosquera, Cundinamarca (Colombia), con tres tratamientos (Manejo SAD [T1], control positivo [T2] y control negativo [T3]) en un ciclo de cultivo con tres cultivares (Diacol Capiro, Ica Única y Suprema). Se midieron variables de rendimiento, severidad del tizón tardío, área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC) y su área relativa (rAUDPC). El uso de SAD (T1), permitió cosechas similares a las del manejo químico (T2). Se presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ) en la reducción del desarrollo de la enfermedad con el uso de la herramienta de apoyo (T1) en las cultivares evaluados respecto a los controles. La implementación del SAD es una herramienta útil para el manejo integrado del tizón tardío de la papa y tiene potencial de transferencia a otros cultivos básicos.

**Palabras clave:** Diacol Capiro, Ica Única, Manejo integrado de cultivo, Suprema.

#### ABSTRACT

The management of late blight (*Phytophthora infestans*) in the potato crop is a constraint for growers in Colombia, and it is important to seek alternatives for its control. Therefore, the objective of this study was to evaluate a decision support system (DSS) for the management of the disease in three potato varieties. For this purpose, an experiment was established in the municipality of Mosquera, Cundinamarca (Colombia), with three treatments (DSS management [T1], positive control [T2] and negative control [T3]) in a crop cycle with three cultivars (cv Diacol Capiro, cv Ica Única and cv Suprema). Yield variables, late blight severity, area under the disease progress curve (AUDPC) and its relative area (rAUDPC) were measured. The use of DSS (T1) resulted in yields comparable to those obtained with strictly chemical management (T2). There were statistically significant differences ( $p < 0.05$ ) in the reduction of disease development with the use of the support tool (T1)

<sup>1</sup> Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – Agrosavia/Centro de Investigación Tibaitatá. Km. 14 vía Mosquera – Bogotá, CP 250047. Mosquera/Cundinamarca, Colombia; [wwilches@agrosavia.co](mailto:wwilches@agrosavia.co), [rvargas@agrosavia.co](mailto:rvargas@agrosavia.co), [eespitia@agrosavia.co](mailto:eespitia@agrosavia.co), [cfranco@agrosavia.co](mailto:cfranco@agrosavia.co)

in the varieties evaluated with respect to the controls. The implementation of the DSS is a useful tool for the integrated management of potato late blight and has potential for transfer to other staple crops.

**Keywords:** Diacol Capiro, Ica Única, Integrated Crop Management, Suprema.

## RESUMO

O manejo do míldio tardio (*Phytophthora infestans*) na cultura da batata é uma limitação para os produtores na Colômbia, e é importante buscar alternativas para seu controle. Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar um sistema de apoio à decisão (SAD) para o manejo da doença em três variedades de batata. Para isso, foi estabelecido um experimento no município de Mosquera, Cundinamarca (Colômbia), com três tratamentos (manejo do SAD [T1], controle positivo [T2] e controle negativo [T3]) em um ciclo de cultivo com três variedades (Diacol Capiro, Ica Única e Suprema). Foram medidas as variáveis de produtividade, a gravidade da requeima, a área sob a curva de progresso da doença (AUDPC) e sua área relativa (rAUDPC). O uso do SAD (T1) resultou em rendimentos comparáveis aos obtidos com o manejo estritamente químico (T2). Houve diferenças estatisticamente significativas ( $p < 0,05$ ) na redução do desenvolvimento de doenças com o uso da ferramenta de suporte (T1) nas variedades avaliadas em relação aos controles. A implementação do SAD é uma ferramenta útil para o manejo integrado da requeima da batata e tem potencial para ser transferida para outras culturas básicas.

**Palavras-chave:** Diacol Capiro, Ica Única, Manejo Integrado de Culturas, Suprema

## INTRODUCCIÓN

El manejo integrado de plagas y enfermedades es uno de los problemas más arduos en el cultivo de la papa en donde se estima que uno de los rubros de mayor inversión corresponde al manejo fitosanitario, puesto que las aplicaciones para controlar problemas como el tizón tardío (*Phytophthora infestans*) (Mont.) de Bary, el gusano blanco (*Premnotrypes vorax*) (Hustache) y la polilla guatemalteca (*Tecia solanivora*) (Povolný) son de alta demanda y el agricultor realiza repetidas aplicaciones químicas (Ñústez-López et al., 2020; Wilches Ortiz, 2019). Lo que repercute en una alta aplicación de insecticidas y fungicidas, con un aproximado del 35% en los costos de producción atribuibles al uso de estos plaguicidas y fertilizantes (Fedepapa, 2019; Wilches-Ortiz, 2019). El Oomycete *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary como agente causal del tizón tardío o gota de la papa es considerado la principal limitante de la producción de este cultivo en Colombia (Rivera et al., 2010).

En condiciones de campo para controlar el tizón tardío se requiere una combinación de estrategias de manejo integrado del cultivo, como lo son los controles preventivos, uso de elementos de naturaleza química, estrategias culturales, y control biológico (Cruz Trujillo et al., 2021). Para el manejo del tizón tardío o gota (*Phytophthora infestans*) en el cultivo de la papa se ha implementado el Sistema de Apoyo a la Decisión (SAD), que integra componentes de susceptibilidad al tizón tardío del cultivar, precipitación y transcurso desde la última aplicación de fungicidas (Pérez et al., 2020). El Centro Internacional de la Papa [CIP] desarrolló un SAD para orientar a los agricultores en el manejo de la enfermedad, mediante una herramienta circular para la toma de decisiones, que consta de 4 círculos que corresponden desde el grande hasta

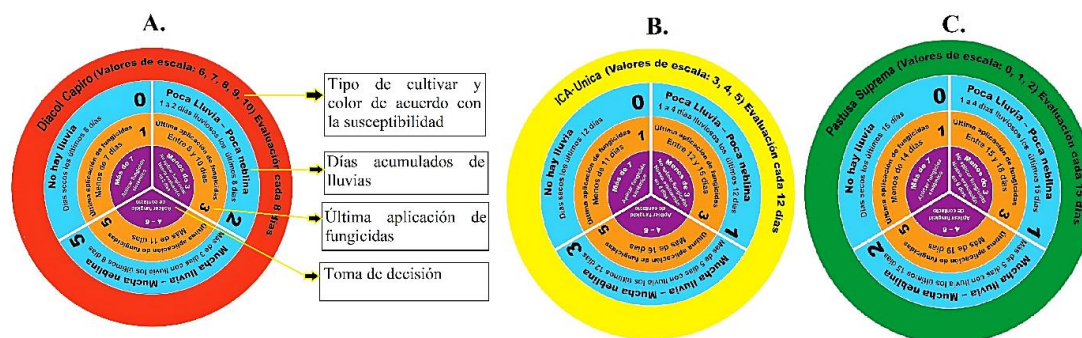
el pequeño al cultivar de papa, días de lluvias, último día de aplicación y la recomendación respectivamente (Pastáz Zambrano, 2015). El diseño de esta SAD es en material de cartón y no es necesario el uso de Internet ni baterías, permitiendo integrar los factores más importantes para tomar decisiones respecto al uso de fungicidas para el control del tizón tardío o gota (Pérez et al., 2020). Esta herramienta se ha puesto a prueba en diferentes localidades del Perú (Pérez et al., 2020a; Córdova et al., 2021;) y de Ecuador (Pérez et al., 2020a; Pastáz Zambrano, 2015; Herrera-Ramírez, 2021) con resultados favorables. Por esto, es importante establecer si la herramienta de apoyo funciona bajo condiciones del cultivo de la papa en una localidad de Colombia y poder brindar alternativas a los agricultores para el manejo de la gota (o tizón tardío).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación y diseño experimental

El experimento se localizó en Mosquera, Cundinamarca (Colombia) con altitud de 2.543 msnm. Se implementó un diseño de bloques al azar con tres tratamientos y cuatro repeticiones (Montgomery, 2004). Para evitar la deriva de fungicidas y dispersión de propágulos infectivos de *P. infestans* entre las unidades experimentales, se establecieron barreras de avena forrajera (*Avena sativa* L) con un ancho de un metro. Se realizaron tres ensayos, uno para cada cultivar de papa en donde los tratamientos evaluados fueron:

T1. Manejo SAD. Corresponde al manejo de tizón tardío de acuerdo con los parámetros de la herramienta de apoyo generada por el CIP. Se utilizó para cada ensayo un disco de acuerdo con el cultivar (Figura 1).



**Figura 1.** Herramienta de apoyo desarrollada por el CIP para la toma de decisiones en el manejo del tizón tardío o gota del cultivo de la papa. A). Circular roja de uso en cultivares susceptibles (utilizado en Diacol Capiro) con descripción de los componentes que integran cada disco, B). Circular amarilla para cultivares moderadamente resistentes (utilizado para Ica Única), C). Circular verde para cultivares resistentes (utilizado para Pastusa Suprema).

T2. Manejo control positivo (Mancozeb). Corresponde a las aplicaciones para control de la enfermedad con Mancozeb (ingrediente activo Mancozeb 80%, Manganeso 16%, Zinc 2%, etilenbisditicarbamato 62% e ingredientes aditivos c.s.p 1 kg) de acuerdo con las a recomendaciones de etiqueta del producto (Intervalos de 7 días o 4 días cuando se acumulen 13 mm de lluvia y en casos de ataques severos del tizón tardío, las aplicaciones se hacen cada 4 o 5 días).

T3. Manejo control negativo (Sin aplicaciones para tizón tardío).

Cada unidad experimental (UE) se estableció con la siembra de 45 tubérculos (distancia de 35 cm entre plantas) en 10 surcos, para un total de 450 plantas por parcela y 12 unidades experimentales por cada cultivar evaluado.

Para el registro de los datos de severidad se seleccionaron aleatoriamente en cada unidad experimental un total de 30 plantas sin ninguna alteración fisiológica o por plagas y otras enfermedades. En cada UE para esta evaluación se utilizaron 5 surcos centrales.

Para todos los tratamientos se realizaron las mismas labores del cultivo preparación, siembra, fertilización, deshierbas, aporque, manejo de

plagas y demás enfermedades.

**Material vegetal**

Se utilizó semilla certificada de tres cultivares de papa de acuerdo con su susceptibilidad; papa cultivar Diacol Capiro (DC), completamente susceptible al patógeno, Ica Única, moderadamente resistente al tizón tardío y Pastusa Suprema (PS), resistente o tolerante al patógeno (Mosquera et al., 2008; Juyó et al., 2011; Monsalve et al., 2012).

**Variables**

Severidad: Para la epidemia de tizón tardío se evaluó en las plantas el área foliar afectada (0 a 100%), por medio de la visualización del tercio inferior, medio y superior. De acuerdo con Pérez & Forbes (2008), la afectación en el área foliar se puede medir del 0 % (planta sana) hasta el 100 % (planta muerta).

La primera lectura se tomó a partir los 46 días después de la siembra (dds) y se registraron evaluaciones en plantas con una frecuencia de 7 días, hasta completar senescencia de acuerdo con cada cultivar.

AUDPC: Se determinó la curva de progreso de la enfermedad, mencionada por Inglis et al, (1996) y se calculó el área bajo la curva del progreso de la

enfermedad (AUDPC), utilizando la fórmula descrita por Shaner & Finney, (1977). El dato se tomó semanalmente hasta finalizar las lecturas de severidad.

rAUDPC: El área relativa bajo la curva de progreso de la enfermedad, se midió dividiendo la media de AUDPC en cada tratamiento multiplicado por el potencial máximo de AUDPC, el cálculo se realizó de acuerdo con (Fry, 1978), este valor estandarizado obtenido se caracteriza por no tener unidades (Ecuación 1)

$$rAUDPC = \frac{AUDPC}{Nf - Ni} \times 100 \quad 1$$

Conversiones:

AUDPC: Área bajo la curva del progreso de la enfermedad

Ni: Número de días de la primera lectura.

Nf: Número de días entre la última lectura.

**Rendimiento por planta:** Para cada unidad experimental se tomaron 20 plantas y se registró la cantidad y el peso total de tubérculos cosechados por planta.

**Rendimiento total:** En la cosecha se evaluó el rendimiento en Kg/parcela, considerando la clasificación de tubérculos reportado por Wilches-

Ortiz (2019), que reporta diámetro de tubérculo en calidad primera o gruesa (>5 cm), segunda o pareja (4.5 – 5cm) y ríche o tercera (< 2 cm). Posteriormente se calculó con las variables auxiliares antes mencionadas y se expresó el rendimiento en toneladas por hectárea (t.ha<sup>-1</sup>).

**Análisis de datos**

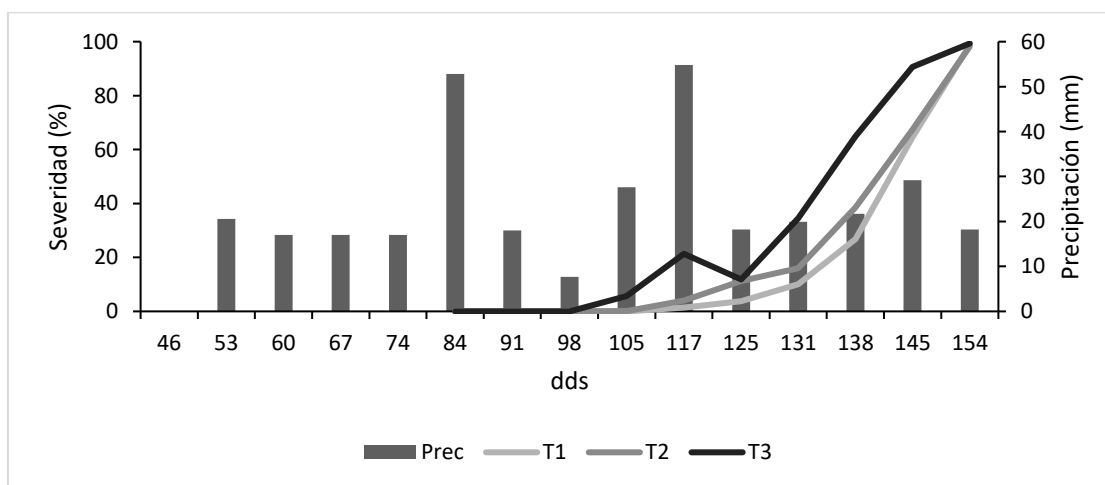
Se realizó un análisis estadístico del rendimiento por categorías de tamaño de los tubérculos. Se evaluó el peso y número de tubérculos por categorías comerciales (primera, segunda y tercera), por unidad experimental.

Para el análisis estadístico de los datos se realizó análisis de varianza, verificando la normalidad y homogeneidad de varianza utilizando el software estadístico R (R Core Team, 2021).

**RESULTADOS**

**Cultivar Diacol Capiro**

En la Figura 2, se ilustra el comportamiento en el tiempo expresado en días después de siembra (dds) de la severidad del tizón tardío en el cultivar susceptible Diacol Capiro, en donde el tratamiento 1 corresponde al uso del SAD color rojo desarrollado por el CIP, con un menor desarrollo de la enfermedad respecto a los demás tratamientos.



**Figura 2.** Comportamiento de las precipitaciones y la severidad del tizón tardío en el cultivar Diacol Capiro. En la Tabla 1 se presenta un resumen de las aplicaciones de fungicidas realizadas para el

control de la enfermedad en los tratamientos evaluados. Para los tratamientos 1 y 2 se presentaron un total de 15 aplicaciones y cabe

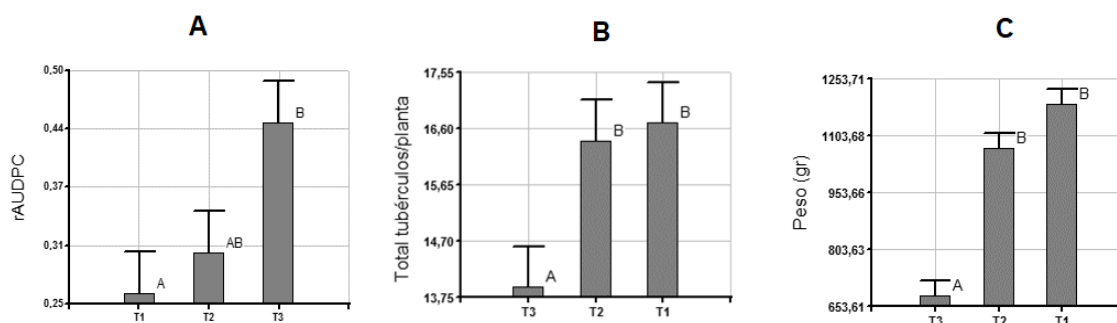
resaltar que el tratamiento tres corresponde al control sin aplicaciones.

**Tabla 1.** Cronología de las aplicaciones de fungicidas en el cultivar Diacol Capiro. S: Sistémico; C: Contacto.

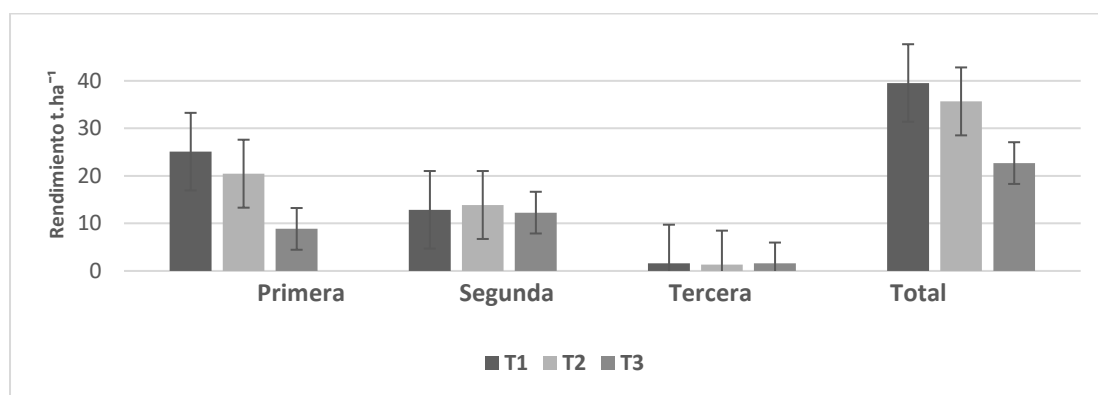
Tratamiento	Días después de siembra y aplicación														
	55	62	67	74	81	88	95	102	109	116	123	130	137	144	151
T1	S	C	S	C	C	S	C	S	C	S	S	C	C	S	S
T2	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
T3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

En la Figura 3, se describe con diferencias estadísticas el comportamiento del Área relativa bajo la curva del progreso de la enfermedad (rAUDPC) (3A), Cantidad de tubérculos/planta

(3B), Peso de tubérculos/planta (3C) y en la Figura 4 se describe la producción en los tratamientos del cultivar Diacol Capiro.



**Figura 3.** A.) Área relativa bajo la curva del progreso de la enfermedad (rAUDPC). B.) Promedio de la cantidad de tubérculos y C) peso por planta en los tratamientos del cultivar Diacol Capiro. Barras con letras distintas presentan diferencias estadísticas ( $p < 0.05$ ).

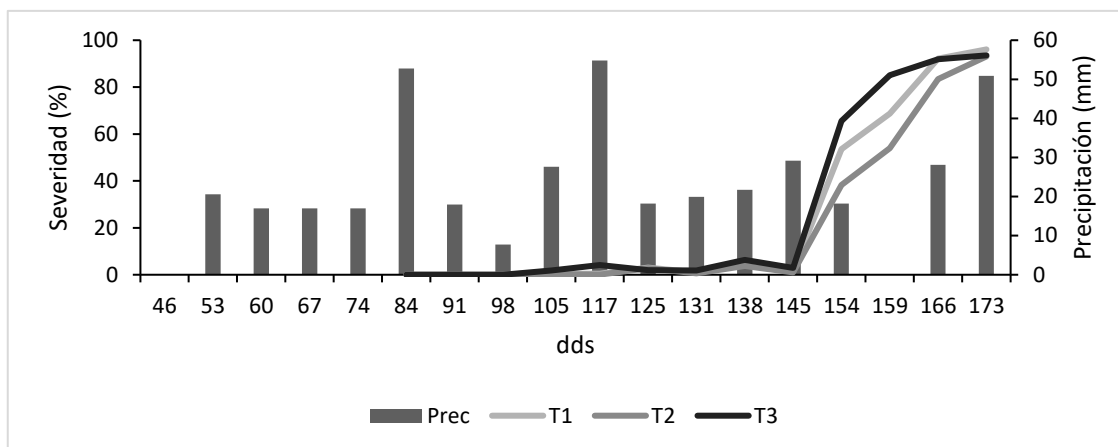


**Figura 4.** Rendimiento ( $t.ha^{-1}$ ) y clasificación del cultivar Diacol Capiro en los tratamientos. t: Toneladas, ha: hectáreas.

**Cultivar Ica Única**

En la Figura 5, se presenta el comportamiento en el tiempo (dds) de la severidad del tizón tardío en el cultivar moderadamente resistente Ica Única, en

donde el T1 corresponde al uso del SAD color amarillo desarrollado por el CIP, con un desarrollo intermedio de la enfermedad respecto a los demás tratamientos.



**Figura 5.** Comportamiento de las precipitaciones y la severidad del tizón tardío en el cultivar Ica Única.

En la Tabla 3, se describe un resumen de las aplicaciones de fungicidas realizadas para el control de la enfermedad en los tratamientos

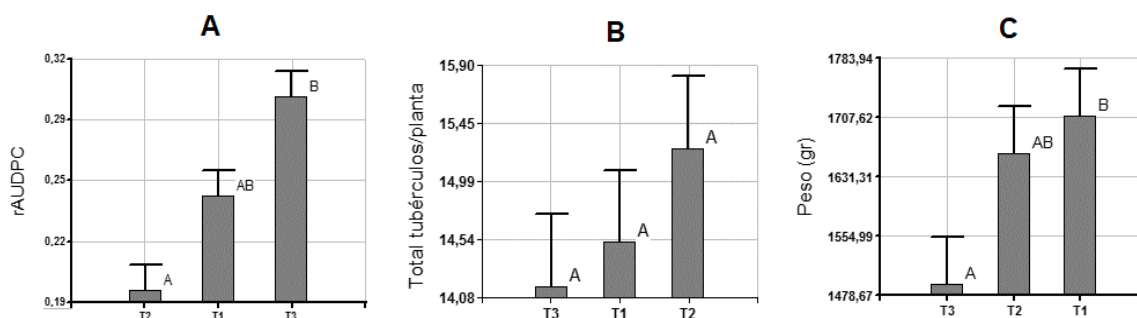
evaluados. Para el T1 se realizaron 12 aplicaciones y para el T2 un total de 17.

Tabla 3. Cronología de las aplicaciones de fungicidas en el cultivar Ica Única, S: Sistémico; C: Contacto.

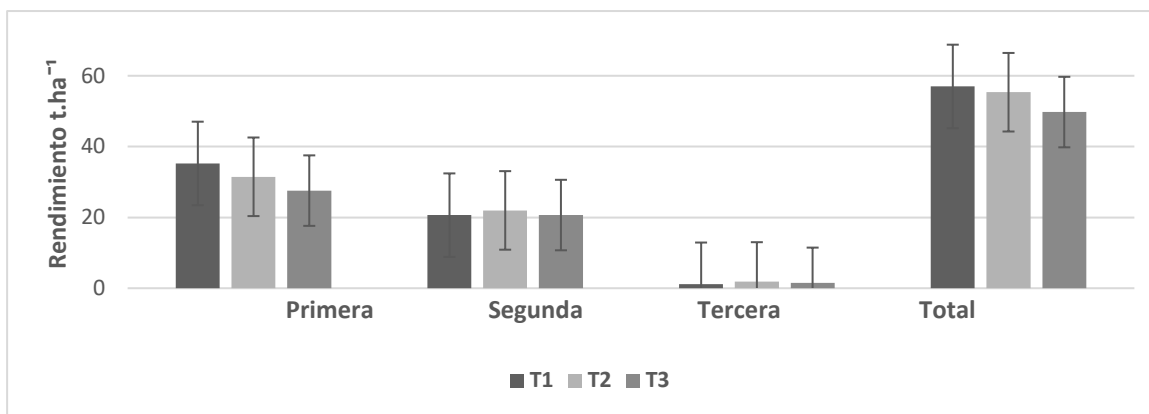
Tratamiento	Días después de siembra y aplicación																
	46	55	68	77	95	104	115	124	138	147	157	166					
T1	C	C	C	C	C	C	C	C	S	C	C	C					
	48	55	62	69	76	83	90	97	104	111	118	125	131	139	146	153	160
T2	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
	48	55	62	69	76	83	90	97	104	111	118	125	131	139	146	153	160
T3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

En la Figura 6, se observa el comportamiento del Área relativa bajo la curva del progreso de la enfermedad (rAUDPC) (6A), Cantidad de

tubérculos/planta (6B), Peso de tubérculos/planta (6C) y en la Figura 7 la producción en los tratamientos del cultivar Ica Única.



**Figura 6.** A.) Área relativa bajo la curva del progreso de la enfermedad (rAUDPC). B). Promedio de la cantidad de tubérculos y C) del peso por planta en los tratamientos del cultivar Ica Única. Barras con letras distintas presentan diferencias estadísticas ( $p < 0,05$ ).

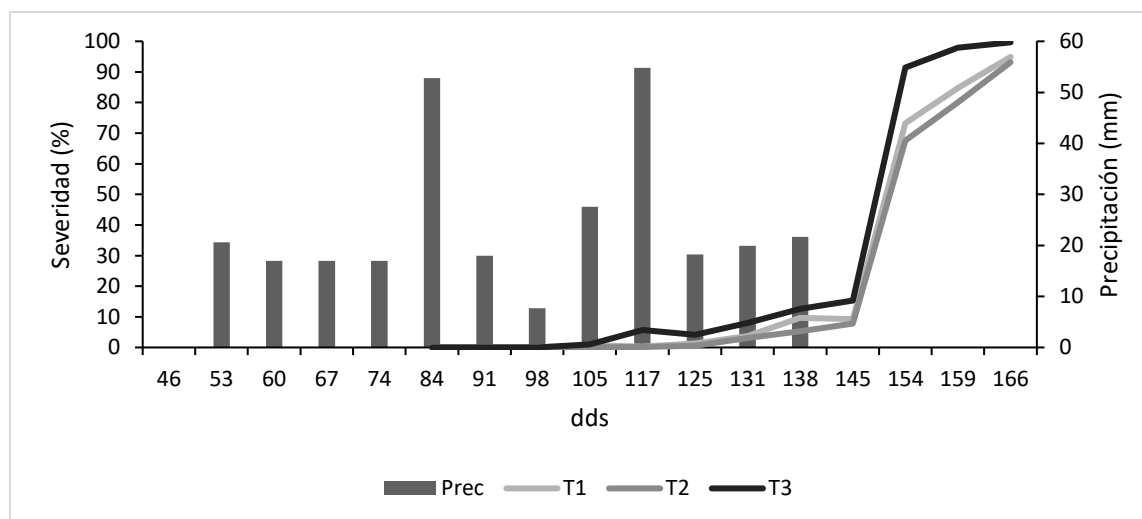


**Figura 7.** Rendimiento (t.ha<sup>-1</sup>) y clasificación del cultivar Ica Única. t: Toneladas, ha: hectáreas.

**Cultivar Pastusa Suprema**

En la Figura 8, se ilustra el comportamiento en el tiempo (dds) de la severidad del tizón tardío en el cultivar resistente Pastusa Suprema, en donde el T1

corresponde al uso del SAD color verde desarrollado por el CIP, con un desarrollo intermedio de la enfermedad respecto a los demás tratamientos.



**Figura 8.** Comportamiento de las precipitaciones y la severidad del tizón tardío en el cultivar Pastusa Suprema.

En la Tabla 3, se describe las aplicaciones realizadas para el control de la enfermedad en los

tratamientos evaluados. Para el T1 se realizaron 10 aplicaciones y para el T2 un total de 16.

Tabla 3. Cronología de las aplicaciones de fungicidas en el cultivar s Suprema, S: Sistémico; C: Contacto.

Tratamiento	Días después de siembra y aplicación																										
	55	68	82	94	105	116	127	138	150	161	55	62	69	76	83	90	97	104	111	118	125	131	139	146	153	160	
<b>T1</b>	C	C	S	C	C	C	C	C	C	C																	
<b>T2</b>	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
<b>T3</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

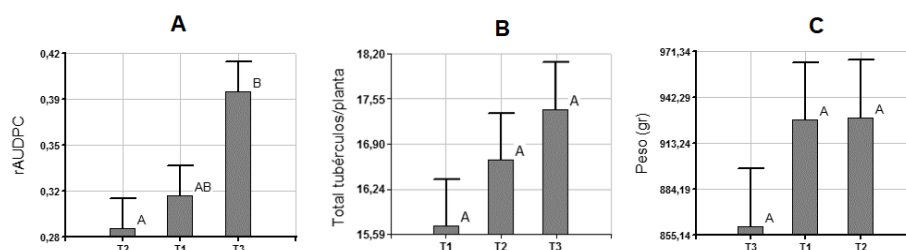
En la Figura 9, se observa el comportamiento del

Área relativa bajo la curva del progreso de la

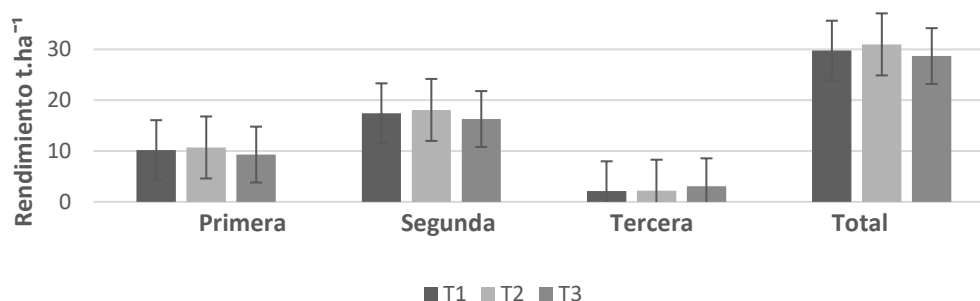


enfermedad (rAUDPC) (9A), Cantidad de tubérculos/planta (9B), Peso de tubérculos/planta

(9C) y en la Figura 10 se ilustra la producción en los tratamientos del cultivar Pastusa Suprema.



**Figura 9.** Área relativa bajo la curva del progreso de la enfermedad (rAUDPC). B). Promedio de la cantidad de tubérculos y C) del peso por planta en los tratamientos del cultivar Pastusa Suprema. Barras con letras distintas presentan diferencias estadísticas ( $p < 0.05$ ).



**Figura 10.** Rendimiento ( $t.ha^{-1}$ ) y clasificación del cultivar Pastusa Suprema. Tn: Toneladas, ha: hectáreas.

## DISCUSIONES

La epidemia de goma o tizón tardío (*P. infestans*) en el cultivar D. capiro se presentó en todos los tratamientos iniciando a los 105 días después de siembra [dds], el T3 destacó por presentar una mayor severidad (%) siendo similar al T2 a los 125 dds. El T1 (manejo SAD) reflejó una menor severidad (%) en comparación con los tratamientos control (Figura 1). La cantidad de aplicaciones fueron similares entre el T1 y el T2 debido a la periodicidad que presenta el SAD desarrollado por el CIP y la recomendación de aplicación del mancozeb (Tabla 1).

El área relativa bajo la curva de progreso de la enfermedad (rAUDPC) en el cultivar Diacol capiro, presentó diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ) entre tratamientos, siendo

menor en el T1 (Figura 3A). Se destaca que el manejo de la herramienta de apoyo del CIP puede reducir el desarrollo de la enfermedad al existir diferencias con el control negativo sin aplicaciones y el positivo (T2). Este resultado coincide con los reportes en estudios realizados en Ecuador y Perú de Pérez y colaboradores (2020a) en donde el uso del SAD fue más efectivo en los cultivares altamente susceptibles además de presentarse un total de aplicaciones igual e incluso menor en el manejo del cultivo. El promedio de la cantidad y peso total de tubérculos en el cultivar Diacol Capiro presentó diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ) de T3 y T1, T3 y T2 (Figura 3B y 3C). La epidemia del tizón tardío (*P. infestans*) afectó la producción del cultivo con un

menor peso y cantidad de tubérculos, a su vez a pesar de no existir diferencias significativas entre los T1 y T2 se observa valores de producción más altos en el T1 (Manejo SAD). Con respecto al rendimiento del cultivo se observó (Figura 3) en Diacol Capiro un total de 39,6 t.ha<sup>-1</sup> en el T1, 35,7 t.ha<sup>-1</sup> en el T2 y 22,7 t.ha<sup>-1</sup> en el T3 (Figura 3), siendo el valor del T3 (Sin Control de la enfermedad) menor respecto a los demás tratamientos, coincidiendo con los reportes de Wilches-Ortiz y colaboradores (2022) en cultivos de papa Diacol Capiro en los que se redujo la producción total en un 44% debido a la expresión del tizón tardío respecto al control. Es importante destacar que para este cultivar en condiciones óptimas de cultivo se obtiene un rendimiento de 36 t/ha (Fedepapa, 2020), siendo el T1 el tratamiento que más se acercó a dicho valor de referencia.

La presencia de la epidemia del tizón tardío (*P. infestans*) en el cultivar Ica Única inició a los 105 dds, siendo el T3 a partir de los 154 dds el que reflejó la mayor severidad (%) y el T2 una menor severidad (%) a los 154 dds respecto de los otros tratamientos (Figura 5). La cantidad de aplicaciones fueron menores en el T1 (Manejo SAD) diferencialmente del T2 (Tabla 2). Resultado que coincide con las afirmaciones de Pérez y colaboradores (2020a) sobre el beneficio del uso del SAD representado en un número igual o menor de aplicaciones, adicionalmente de un bajo impacto ambiental debido a esta reducción. El área relativa bajo la curva de progreso de la enfermedad (rAUDPC) en el cultivar Ica Única presentó entre los tratamientos T2 y T3 diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ) (Figura 6A). El T2 disminuyó la presencia del tizón tardío respecto al T3, sin diferencias estadísticas con el T1. La cantidad de tubérculos en el cultivar Ica Única no presentó diferencias estadísticas representativas (Figura 6B). El promedio de peso en tubérculos de

este cultivar reflejó diferencias estadísticas ( $p < 0,05$ ) del T3 con el T1, sin diferencias entre T2 - T1 y T3 - T2 (Figura 6C). Estos resultados reflejan la afectación por la epidemia del tizón tardío (*P. infestans*) en la producción del cultivo de la papa con un menor peso de tubérculos (T3). Se observa que existe una mayor producción con el uso de SAD respecto al T3 y a pesar de que no existen diferencias entre T2-T1 se logra evidenciar que el peso de tubérculo es mayor en el T1 (manejo SAD). El rendimiento del cultivar Ica Única fue de un total de 57 t.ha<sup>-1</sup> en el T1, 55,4 t.ha<sup>-1</sup> en el T2 y 49,8 t.ha<sup>-1</sup> en el T3 (Figura 7), se destaca que este cultivar en condiciones óptimas logra una producción mayor a las 40 t.ha<sup>-1</sup> de papa (Andrade & Torres, 2011). Los tratamientos presentaron valores por encima de las 40 t.ha<sup>-1</sup>, siendo mayor el T1 sobre los demás con 56 t.ha<sup>-1</sup>.

La presencia de la epidemia del tizón tardío (*P. infestans*) en el cultivar Pastusa Suprema inicio a los 105 dds, destacando a partir de los 117 dds un mayor porcentaje de severidad en el T3. Se logró observar una menor severidad (%) en el T2 respecto a los otros tratamientos, aunque equiparable con el T1 (Figura 8). La cantidad de aplicaciones fue menor en el T1 respecto al T2 (Tabla 3). Lo que coincide con los resultados de Pastáz Zambrano (2015) en donde el uso de SAD resultó en un menor número de aplicaciones con una reducción considerable en el impacto ambiental, convirtiéndose en un criterio de manejo amigable con el ambiente. El área relativa bajo la curva de progreso de la enfermedad (rAUDPC) en Pastusa Suprema presentó diferencias estadísticas ( $p < 0,05$ ) del T2 con el T3 (Figura 9A). El T2 permitió controlar al tizón tardío respecto al T3, sin diferencias estadísticas con el T1. Con respecto al promedio de peso y la cantidad de tubérculos en el cultivar Pastusa Suprema fueron similares en el T1 (manejo SAD) y T2 (mancozeb), sin presentar

diferencias estadísticas ( $p < 0.05$ ) (Figuras 9B y 9C) entre tratamientos, coincidiendo con el estudio de Córdova Herrera y colaboradores (2021) en donde no existen diferencias significativas en el rendimiento de los cultivares con el uso de SAD y los demás tratamientos. Se destaca que la cantidad promedio de tubérculos por planta representa un valor más en alto en el T3 con un valor menor en el peso, indicando presencia de tubérculos de clasificación ríche (mayor cantidad poco peso). El rendimiento del cultivar Pastusa Suprema fue de 29.8 t.ha<sup>-1</sup> para el T1, 31 t.ha<sup>-1</sup> para el T2 y 28.7 t.ha<sup>-1</sup> en el T3 (Figura 10), siendo el potencial del cultivar reportado mayor a los 45 t.ha<sup>-1</sup> en condiciones óptimas (Ñúñez López, 2011), valor que en este estudio ninguno de los tratamientos logra sobrepasar.

## CONCLUSIONES

Los resultados permiten concluir en el cultivar Diacol capiro, un beneficio del uso de la herramienta circular de apoyo (T1), reduciendo el progreso de la enfermedad al existir diferencias estadísticas en el valor de rAUDPC del control negativo (T3).

Para el cultivar Ica única el uso de la herramienta circular de apoyo permitió una disminución de la cantidad de aplicaciones de fungicidas respecto al control positivo (mancozeb), con reducción del desarrollo la enfermedad y aumento en los rendimientos del cultivo, sobrepasándose el potencial del cultivar en donde se destacó el T1 sobre los demás tratamientos.

Para el cultivar Pastusa Suprema se concluye que el uso de la herramienta circular de apoyo representa una disminución de la cantidad de aplicaciones de fungicidas comparado con el control positivo (mancozeb), con disminución del desarrollo la enfermedad, y rendimientos similares al control positivo y por encima del control

negativo.

Se concluye que la implementación de la herramienta de apoyo en la toma de decisiones evaluada es útil en el manejo integrado de la gota o tizón tardío del cultivo de papa y tiene potencial de transferencia a otros cultivos básicos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade Piedra, J., & Torres, L. (2011). Inventario de Tecnologías e Información para el Cultivo de Papa en Ecuador (en línea). <https://cipotato.org/papaenecuador>
- Córdova Herrera, H., Cotrina Cabello, G., & Ártica Cosme, M. (2021). Herramientas Circulares en manejo del Tizón tardío de la Papa (*Phytophthora infestans*) en Partes resistentes. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 5(2). [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v5i2.379](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i2.379)
- Cruz Trujillo, J. J., Hernández Gutiérrez, V., Sánchez Leal, L. C., & Fuentes Quintero, L. S. (2021). Alternativas de control biorracionales sobre *Phytophthora infestans*, fitopatógeno causante de la gota en papa. Nova, 19(36), 31–48. <https://doi.org/10.22490/24629448.5287>
- Fedepapa. (2019). Boletín regional No. 01. <https://fedepapa.com/wp-content/uploads/2021/09/CUNDINAMAR-CA-2019.pdf>
- Fedepapa. (2020). Boletín regional No. 1. <https://fedepapa.com/wp-content/uploads/2021/09/CUNDINAMAR-CA-2020.pdf>
- Fry, W. E. (1978). Quantification of General Resistance of Potato Cultivars and Fungicide Effects for Integrated Control of Potato Late Blight. Phytopathology, 68(11). <https://doi.org/10.1094/phyto-68-1650>
- Herrera-Ramírez, C. D. (2021). Uso del sistema de

- apoyo a la decisión (SAD) en el manejo integrado de *phytophthora infestans* (Mont.) de bary, en el cultivo de papa *Solanum tuberosum*. *Reciena*. Vol. 1 (1), 1-12.  
<https://reciena.esPOCH.edu.ec/index.php/reciena/article/view/3/r1a1>
- Inglis, D., Johnson, D., Legard, D., Fry, W., & Hamm, P. (1996). Relative resistances of potato clones in response to new and old populations of *Phytophthora infestans*. *Plant Disease*, 80(5), 575-578. <https://doi.org/10.1094/PD-80-0575>
- Juyó, D. K., Gerena, H. N., & Mosquera, T. (2011). Evaluación de marcadores moleculares asociados con resistencia a gota (*Phytophthora infestans* L.) en papas diploides y tetraploides. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 13(2).
- Monsalve, Z. I., Monsalve, M. I., Urrea, A. I., & Zapata, J. L. (2012). Expresión diferencial durante la interacción *Solanum tuberosum* - *Phytophthora infestans*. *Revista Colombiana de Biotecnología*; Vol. 14, Núm. 1 (2012); 77-92 1909-8758 0123-3475, XIV(1).
- Montgomery, D. (2004). Diseño y análisis de experimentos. In Limusa Wiley.
- Mosquera, T., Fernández, C., Martínez, L., Acuña, A., & Cuéllar, D. (2008). Genética de la resistencia de la papa (*Solanum tuberosum*) a patógenos. Estado de arte. *Agronomía Colombiana*, 26(1), 7-15.  
<http://www.scielo.org.co/pdf/agc/v26n1/v26n1a02.pdf>
- Ñústez López, C. (2011). Variedades colombianas de papa (Primera ed). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía Sede Bogotá.  
<https://drive.google.com/file/d/0B0d7qZ6xkUiiRTVzdzd5dnFsdjg/view?resourcekey=0-mKChRWXpdA5UgR1wLjAhQ>
- Ñústez-López, C.E., Delgado-Niño, M.C., Alba-Chacón, A.F., Duque-Puentes, L.D., Mosquera-Vásquez, T., Rodríguez-Molano, L.E., García Domínguez, C., Cotes Prado, A.M., Beltrán-Acosta, C.R., Espitia-Malagón, E., Barreto-Triana, N., Cely Pardo, L., Wilches-Ortiz, W.A. y Ospina-Parra, C.E. (2020) Papa de año (*Solanum tuberosum* Grupo Andigenum): Manual de recomendaciones técnicas para su cultivo en el departamento de Cundinamarca. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía. [http://investigacion.bogota.unal.edu.co/fileadmin/recursos/direcciones/investigacion\\_bogota/Manuales/07-manual-papa-de-ano-2020EBOOK.pdf](http://investigacion.bogota.unal.edu.co/fileadmin/recursos/direcciones/investigacion_bogota/Manuales/07-manual-papa-de-ano-2020EBOOK.pdf)
- Pastáz Zambrano, J. S. 2015. Validación del sistema de herramienta circular de toma de decisiones para el control del Tizón tardío de la papa (*Phytophthora infestans*) en el sector de Canchaguano, Provincia del Carchi. [Tesis de pregrado, UTB]. En Universidad Técnica de Babahoyo.  
<http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/752>
- Pérez, W., Andrade, J., Ortiz, O., Panchi, N., Velasco, C., Bentley, J., & Stapleton, J. (2020). Herramienta de baja tecnología ayuda en la lucha contra el tizón tardío de la papa. Centro Internacional de La Papa CIP.  
<https://cipotato.org/es/blog-es/herramienta-baja-tecnologia-ayuda-lucha-contra-tizon-tardio-papa/#:~:text=La%20herramienta%20desarrollada%20por%20el,no%20necesita%20Internet%20ni%20bater%C3%ADas>
- Pérez, W., Arias, R., Taipe, A., Ortiz, O., Forbes, G. A., Andrade-Piedra, J., & Kromann, P.

- (2020a). A simple, hand-held decision support designed tool to help resource-poor farmers improve potato late blight management. *Crop protection*, 134, 105186.  
<https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105186>
- Pérez, W., & Forbes, G. (2008). El tizón tardío de la papa. Centro Internacional de la Papa. [www.cipotato.org](http://www.cipotato.org)
- Shaner, G., & Finney, R. (1977). The Effect of Nitrogen Fertilization on the Expression of Slow-Mildewing Resistance in Knox Wheat. *Phytopathology*, 77(8).  
<https://doi.org/10.1094/phyto-67-1051>
- R Core Team (2021). R: A Language and Environment for Statistical Computing. In R Foundation for Statistical Computing.  
<https://www.r-project.org/>
- Rivera, H., Martínez Lemus, E. P., Osorio, J., & Martínez, E. (2010). Respuesta de biosurfactantes producidos por *Pseudomonas fluorescens* para el control de la gota de la papa *Phytophthora infestans* Mont) de Bary, bajo condiciones controlada. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 11(1).  
[https://doi.org/10.21930/rcta.vol11\\_num1\\_art:191](https://doi.org/10.21930/rcta.vol11_num1_art:191)
- Wilches-Ortiz, W.A. (2019) Manejo integrado de plagas y enfermedades en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) para una mayor seguridad alimentaria de pequeños productores en el Altiplano Cundiboyacense, Colombia [Tesis de maestría, UnADM]. En Universidad Abierta y A Distancia de México.  
<http://www.repositorio.unadmexico.mx:8080/xmlui/handle/123456789/393>
- Wilches-Ortiz, W. A., Sandoval-Cáceres, Y. P., Vargas Diaz, R. E., & Cruz-Castiblanco, G. N. (2022). Relación de *Tecia solanivora* (Povolný, 1973) (Lepidoptera: Gelechiidae) y el tizón tardío *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, 1876 (Peronosporales: Peronosporaceae) con la fenología de la papa *Solanum tuberosum* Linnaeus, 1753 (Solanales: Solanaceae). *Revista Chilena De Entomología*, 48(4). Retrieved from <https://www.biotaxa.org/rce/article/view/7826>.