

Ciencia e Ingeniería

Revista Interdisciplinar de Estudios en Ciencias

Básicas e Ingenierías

ISSN 2389-9484

Año 2026, enero-junio, Vol. 13, N.º 1, e17773055

Facultades de Ciencias Básicas y Aplicadas e Ingeniería.

Universidad de La Guajira

La Guajira, Riohacha, Colombia

<http://revistas.uniguajira.edu.co/index.php/cei>

Este documento fue depositado en Zenodo. DOI:

<https://www.doi.org/10.5281/zenodo.17773055>ARK: <https://n2t.net/ark:/60540/17773055>**Ruy Edeymar Vargas Díaz***<https://orcid.org/0000-0003-2609-4087>

rvargas@agrosavia.co

Corporación Colombiana de Investigación

Agropecuaria – Agrosavia, Mosquera,

Cundinamarca, Colombia

Wilmar Alexander Wilches Ortiz<https://orcid.org/0000-0002-2905-3347>

wwilches@agrosavia.co

Corporación Colombiana de Investigación

Agropecuaria – Agrosavia, Mosquera,

Cundinamarca, Colombia

Eduardo María Espitia Malagón<https://orcid.org/0000-0002-4690-393X>

eespitia@agrosavia.co

Corporación Colombiana de Investigación

Agropecuaria – Agrosavia, Mosquera,

Cundinamarca, Colombia

Clara Viviana Franco Flórez<https://orcid.org/0000-0002-1311-5419>

cfranco@agrosavia.co

Corporación Colombiana de Investigación

Agropecuaria – Agrosavia, Mosquera,

Cundinamarca, Colombia

EVALUACIÓN DE UNA HERRAMIENTA DE APOYO PARA EL MANEJO DEL TIZÓN TARDÍO DE LA PAPA EN BOYACÁ – COLOMBIA

Evaluation of a support tool for late blight management in Boyacá – Colombia

RESUMEN

En el cultivo de papa el tizón tardío (*Phytophthora infestans*) representa un desafío para los agricultores en Colombia. En este contexto, el objetivo de este estudio fue valorar la herramienta de apoyo a decisiones (HAD) en la gestión de la enfermedad en tres variedades de papa (Diacol Capiro, Ica Única y Pastusa Suprema). Los experimentos se realizaron en los municipios de Toca y Turmequé, Boyacá (Colombia), con dos tratamientos: Manejo Agricultor y Manejo HAD y un control negativo, durante un ciclo de cultivo. Se analizaron la severidad del tizón tardío, el área bajo la curva de progreso de la enfermedad relativa (AUDPCr) y el rendimiento. El uso del HAD no afectó la productividad en los cultivos evaluados ($p > 0.05$) y redujo el número de aplicaciones realizadas, lo cual contribuye a disminuir costos de producción. Esto fue diferente en cada localidad, debido a la interacción entre el ambiente, la presión de la enfermedad y el comportamiento diferencial de cada variedad frente al patógeno. En Diacol Capiro, HAD demostró ser más efectivo en Toca, donde las condiciones de baja precipitación permitieron un manejo con menos aplicaciones, que en Turmequé, sin afectar el rendimiento. Para Ica Única, se observó una reducción significativa en el uso de fungicidas sistémicos con el uso de la herramienta en ambas localidades, sin comprometer la producción, en condiciones variables de precipitación. En la variedad Pastusa Suprema, aunque se presentó una mayor presión de la enfermedad bajo el tratamiento HAD, especialmente en Toca, la producción no se vio afectada significativamente, lo que resalta el potencial de la herramienta como una alternativa viable para el manejo integrado de la enfermedad.

Palabras clave: Diacol Capiro; Ica Única; Pastusa Suprema; Toca; Turmequé, *Phytophthora infestans*.

ABSTRACT

Late blight (*Phytophthora infestans*) poses a major challenge for potato cultivation in Colombia. In this context, the objective of this study was to evaluate the decision support tool (DST) in disease management in three potato varieties: Diacol Capiro, Ica Única, and Pastusa Suprema. The experiments were conducted in the municipalities of Toca and Turmequé, Boyacá (Colombia), using two treatments, Farmer Management and DST Management, along with a negative control, over a complete cropping cycle. Disease severity, the relative area under the disease progress curve (AUDPCr), and yield were analyzed. The use of DST did not affect productivity in the evaluated crops ($p > 0.05$) and reduced the number of fungicide applications, which contributed to lower production costs. This effect varied between locations due to the interaction among environmental conditions, disease pressure, and the differential response of each variety to the pathogen. In Diacol Capiro, DST proved to be more effective in Toca, where low rainfall conditions allowed for management with fewer applications than in Turmequé, without affecting yield. For Ica Única, a significant reduction in the use of systemic fungicides was observed with DST in both locations without compromising production under variable rainfall conditions. In the Pastusa Suprema variety, although disease pressure was higher under the DST treatment, particularly in Toca, yield was not significantly affected, highlighting the tool's potential as a viable alternative for the integrated management of late blight.

Keywords: Diacol Capiro, Ica Única, Pastusa Suprema, Toca, Turmequé, *Phytophthora infestans*.

Recibido: 24-09-2024

Aceptado: 21-07-2025

Publicado: 02-01-2026



INTRODUCCIÓN

El tizón tardío, o gota de la papa (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary), es una enfermedad que presenta ciclos de infección y de producción de inóculo continuos (policíclica) (Agong, 2021). Esta característica implica que, si no hay control, la cantidad de infección aumenta por la tasa de crecimiento del inóculo presente. En la práctica, el manejo agronómico y el ambiente juegan un papel importante en la cantidad de inóculo producido (Wilches Ortiz et al., 2022a).

El tizón tardío puede ser manejado mediante el uso de métodos de control como: i) mecánicos y físicos, usando podas sanitarias, siembra antes de las épocas de alta precipitación, manejo del suelo (aporques altos), ii) biológicos, aplicando bioproductos e inductores de resistencia y finalmente iii) químicos, realizando aplicación de fungicidas (Acuña & Sepúlveda, 2023). Además, existen variedades con tolerancia a la enfermedad, pero con la aparición de nuevas poblaciones de *Phytophthora*, la resistencia disminuye. La aplicación de productos químicos para el manejo de hongos es una alternativa efectiva para el control, pero puede llegar a ser un riesgo para la salud humana y ambiental cuando se usan de forma excesiva (Pérez et al., 2024).

Una alternativa para el control y disminución del uso de plaguicidas es el manejo integrado de plagas y enfermedades (Wilches Ortiz, 2019). Se estima que uno de los rubros de mayor inversión en el cultivo de la papa corresponde al manejo fitosanitario representando el 40 % de insumos en sistemas de producción tecnificado y del 45 % en sistema tradicional (FNFP-Fedepapa, 2020). En Colombia, la evaluación, supervisión y seguimiento de plaguicidas en alimentos no se han implementado de manera efectiva, además, predomina una inclinación entre los productores a utilizar plaguicidas de forma desmedida (Arias et al., 2013; Wilches Ortiz, 2019).

La herramienta de apoyo a decisiones (HAD) consiste en un disco desarrollado por el Centro Internacional de la papa (CIP), para el soporte de las decisiones con respecto a hacer fumigaciones de control del tizón tardío (Taïpe et al. 2015). La utilidad de esta herramienta ha sido demostrada en valores del área relativa bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPCr) (Wilches Ortiz et al. 2022b) y el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) la ha evaluado en Ecuador y Perú (Pérez et al., 2020; Pérez et al., 2024). En Colombia, en el municipio de Mosquera (Cundinamarca), se ha evidenciado que el dispositivo tiene potencial para ser implementado en los cultivos (Wilches-Ortiz et al. 2023). El objetivo de este estudio fue evaluar la herramienta de apoyo a la toma de decisiones para el control del tizón tardío en dos localidades de Boyacá, Colombia y con tres variedades de papa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación y diseño experimental

En el departamento de Boyacá (Colombia), se establecieron tres ensayos (uno para cada variedad: Diacol Capiro, Ica Única y Pastusa Suprema) en dos localidades que corresponden a los municipios de Toca (5°33'53"N 73°11'04"O) y Turmequé (5°19'25"N 73°29'23"O). El Municipio de Toca se caracteriza por ser una zona seca de baja precipitación (temperatura promedio 13° C y precipitación media anual

de 661 mm) (Gobernación de Boyacá, 2021) y el municipio de Turmequé una zona más húmeda, de mayor precipitación (temperatura promedio de 14° C y precipitación media anual de 1.009,7 mm) (Alcaldía Municipal de Turmequé, 2016) y con mayor presión de la enfermedad.

Se usó un diseño experimental de bloques al azar con dos tratamientos y cuatro repeticiones y un control negativo (Montgomery, 2004) para cada ensayo. La unidad experimental (UE) se conformó con cinco surcos (a una distancia de 40 cm entre planta y un metro entre surcos) y 13 plantas por surco. Con un total de 65 plantas por UE y 780 plantas por variedad. El manejo de cultivo (laboreo del suelo, siembra, fertilización, etc.) en los tratamientos y el control fue igual en todo el ensayo, lo único diferenciado fue el manejo a gota (tratamientos). Se registró a diario la pluviosidad y se realizó un seguimiento de todas las aplicaciones de agroquímicos realizadas. Los tratamientos y el control consistieron en:

- T1. Manejo agricultor. Con aplicaciones realizadas a decisión del productor.
- T2. Manejo con herramienta de apoyo a decisiones (HAD).
- Control negativo. Sin aplicaciones para manejo de *Phytophthora infestans*.

Material vegetal

En los ensayos se usó semilla certificada de papa (*Solanum tuberosum* ssp. *andigena*) de las variedades Diacol Capiro (DC), variedad que es susceptible al tizón tardío de la papa, Ica Única (U), medianamente resistente y Pastusa Suprema, (PS) resistente a esta enfermedad (Juyó et al 2011; Monsalve-Fonnegra et al. 2012; Mosquera et al. 2008).

Variables

En cada tratamiento y en el control se midió la severidad del tizón tardío y la cantidad de papa cosechada. La severidad de la enfermedad fue medida en campo como el porcentaje de la planta afectada en follaje y tallos siguiendo la metodología del CIP (Pérez y Forbes, 2008). Las lecturas se realizaron a intervalos semanales, siendo la fuente para calcular el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC) y su relativo (AUDPCr) utilizando la fórmula descrita por Shaner y Finney (1977). El AUDPCr genera un valor sin unidades y estandarizado de los resultados (Fry, 1978). En los municipios de Turmequé y Toca, la primera evaluación se hizo a los 30 días después de la siembra (dds) y la última a los 142 dds. Las variables relacionadas con rendimiento se calcularon contando y pesando el número de tubérculos cosechados por unidad experimental. Los datos se expresaron como número de tubérculos/tratamiento y como kg/tratamiento. Los datos fueron usados para estimar la producción total por tratamiento por hectárea.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis estadístico sobre las variables de rendimiento (peso y la cantidad de tubérculos por unidad experimental) y el área bajo la curva de progreso de la enfermedad relativo (AUDPCr). Se

aplicó análisis de varianza (ANOVA), examinando normalidad y homocedasticidad del ANOVA, con el software R (R Core Team, 2021).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La susceptibilidad de cada planta a una enfermedad se debe a las diferencias en los genotipos y a como cada una de las variedades sirve como hospedante y cuál es su respuesta frente al inoculo de la enfermedad. Esta respuesta depende de diferentes factores y de las interrelaciones entre ellas y de estos en conjunto con el ambiente (Mundt, 2014; Wilches Ortiz et al., 2022a). En estos ensayos se determinó la severidad del tizón tardío (*Phytophthora infestans*) en tres variedades de papa: Diacol Capiro, Ica Única y Suprema Pastusa en los municipios de Toca y Turmequé.

Diacol Capiro

En la variedad Diacol Capiro la aparición de los primeros registros de enfermedad para la localidad de Toca en el tratamiento control se presentó a los 37 días. El aumento de la influencia de la enfermedad fue sostenido en adelante pero no de manera acelerada, asociado a la baja precipitación en la zona de Toca, completándose los valores máximos de severidad (100 %) en el control a los 135 dds. En los tratamientos con HAD y el del agricultor, la incidencia se mantiene por debajo del 20 % hasta antes del día 135 dds (Figura 1A). En la Tabla 1, se observa que se realizaron en total 11 aplicaciones para el control del patógeno, pero en el tratamiento de discos se usó fungicida sistémico en siete (7) ocasiones, mientras que para el tratamiento del agricultor fue en la totalidad de las aplicaciones (11). Estos resultados demuestran la efectividad del uso de HAD en cultivares susceptibles para esta localidad respecto a los tratamientos de comparación, coincidiendo con el reporte en el municipio de Mosquera, Cundinamarca, Colombia de Wilches-Ortiz et al. (2023) y con las evaluaciones en Ecuador y Perú realizadas por Pérez et al. (2020) en donde la implementación de HAD en tubérculos susceptibles fue efectivo con un total de aplicaciones igual e incluso menor en todo el ciclo del cultivo.

En la localidad de Turmequé hacia los 66 dds se evidenciaron los primeros registros de la enfermedad para la variedad Diacol Capiro. En adelante se observó variabilidad en las precipitaciones, reflejando similar comportamiento en la severidad de la enfermedad. Se aprecia en la Figura 1B, que los mayores valores de la enfermedad en esta localidad corresponden al 40 % de la severidad y ocurren después del incremento en la pluviosidad. Este resultado refleja los diferentes reportes que asocian a las precipitaciones con el aumento de la severidad del tizón tardío (Dar et al., 2021; Wilches Ortiz et al., 2022a). Los eventos de precipitación constante produjeron que el tratamiento HAD requiriera 14 aplicaciones mientras que el productor 13 (Tabla 1). Cabe mencionar que la HAD en uno de sus componentes para la toma de decisiones se rige por la cantidad de lluvias, lo que repercutió en la cantidad de aplicaciones.

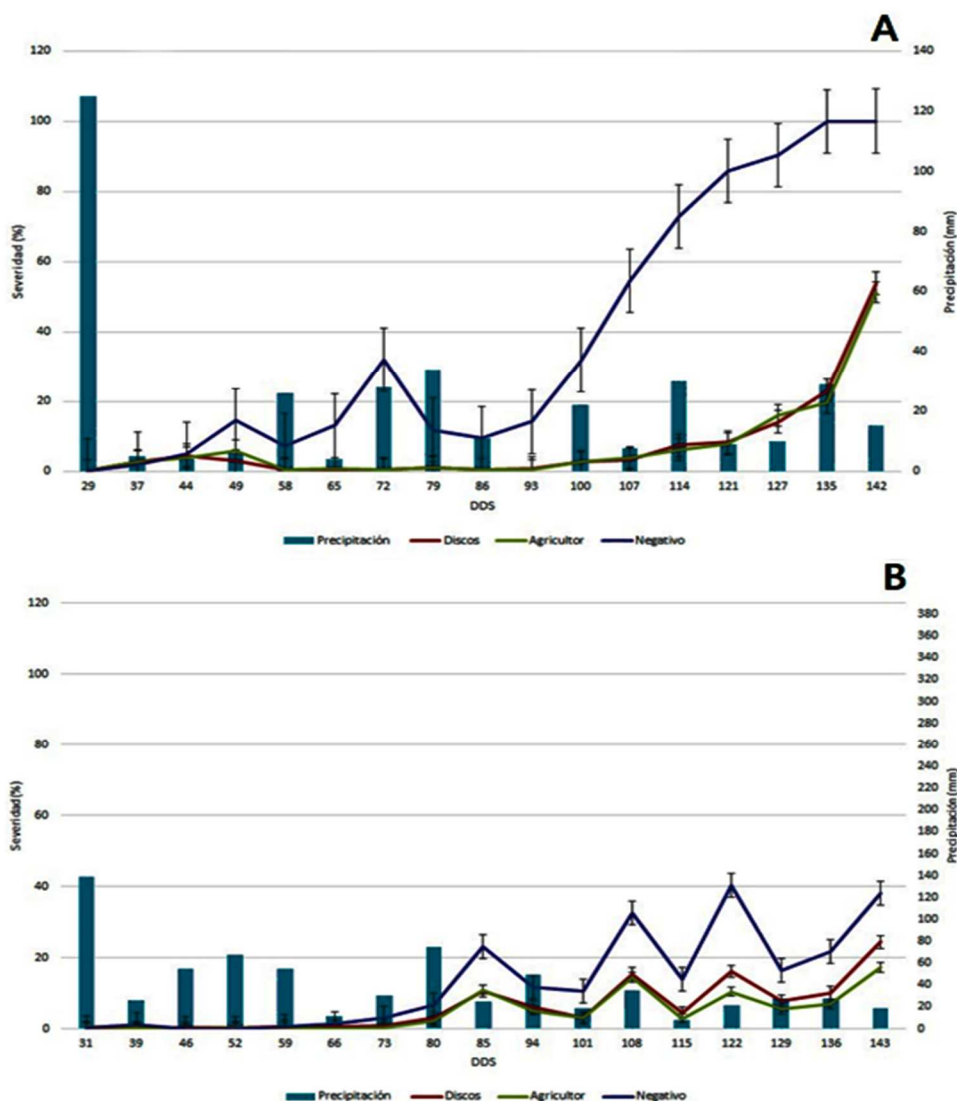


Figura 1. Esquema comportamiento severidad del tizón tardío y precipitaciones en variedad Diacol Capiro en las localidades de Toca (A) y Turmequé (B).

Tabla 1. Aplicaciones de fungidas realizadas en variedad Diacol Capiro en las localidades de Toca y Turmequé, C= Fungicida de contacto; S= Fungicida sistémico; dds= días después de siembra.

Número de aplicaciones		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Toca	Dds	37	45	54	62	70	78	87	95	103	112	122	132		
	Discos	S	C	C	S	C	S	S	C	S	S	C	S		
	Dds	31	37	48	62	70	87	94	104	114	125	134			
	Agricultor	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S			
Turmequé	Dds	32	39	47	55	63	71	80	89	98	107	115	123	133	141
	Discos	S	S	S	S	C	S	S	S	S	S	S	S	S	S
	dds	32	38	45	53	61	70	78	87	99	106	115	124	133	
	Agricultor	S	S	C	S	S	S	S	S	S	S	C	C	S	

El progreso de la enfermedad en términos de AUDPCr, no presentó diferencias significativas ($p>0.05$) en las dos localidades evaluadas. La producción en Toca fue similar entre los tratamientos HAD y agricultor en cuanto a número de tubérculos y peso de estos (Figura 2A). En la localidad de Turmequé, aunque la presión de la enfermedad fue similar en los tratamientos de discos y control, se aprecia que no afectó el rendimiento del tratamiento de discos (Figura 2B), ya que la producción fue semejante al tratamiento del agricultor. Este resultado demuestra la efectividad de la HAD, debido a que no se presentó reducción en la producción del tubérculo; cabe resaltar que la epidemia del tizón tardío disminuye significativamente la producción y rendimiento del cultivo de papa, coincidiendo con Wilches Ortiz et al. (2022b) en donde reportan una reducción de la producción del 44 % en cultivares de Diacol Capiro ocasionado por el tizón tardío en comparación con el control.

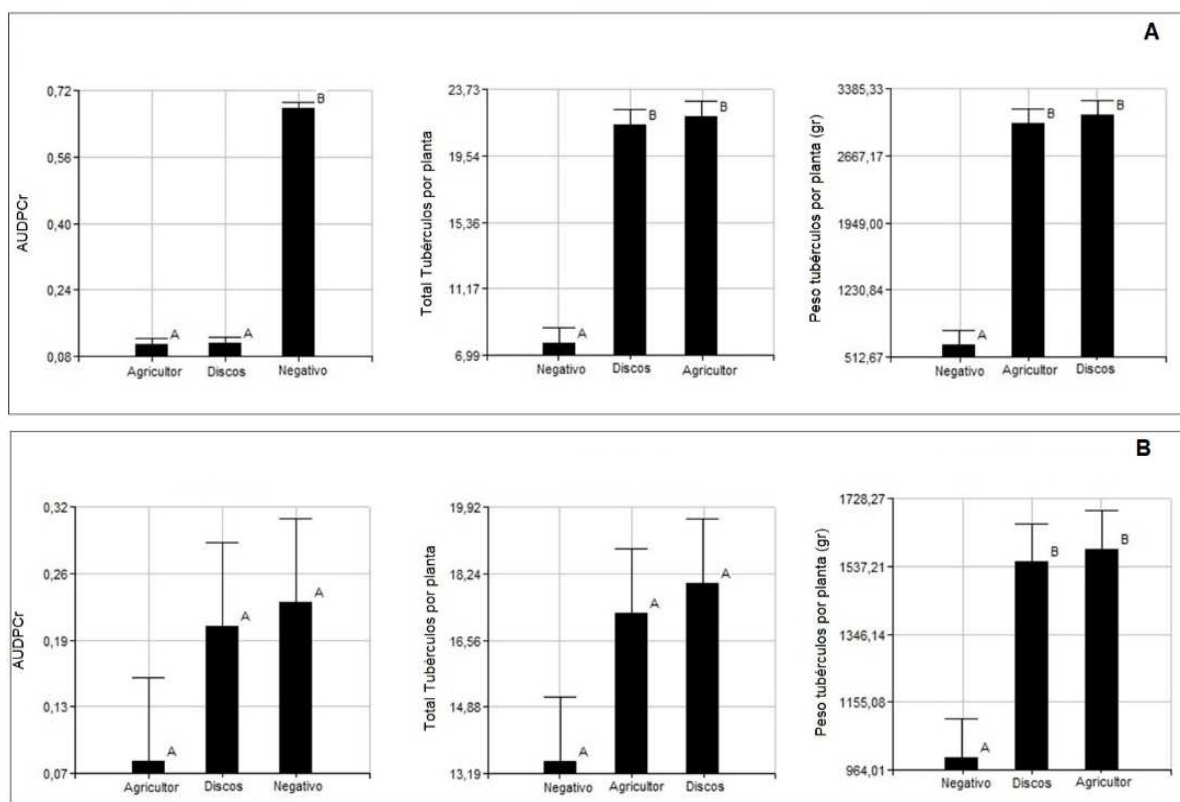


Figura 2. Esquemas del área relativa bajo la curva del progreso de la enfermedad (AUDPCr), Cantidad de tubérculos/planta y peso de tubérculos/planta en tratamientos y control de la variedad Diacol Capiro en las localidades de Toca (A) y Turmequé (B).

Variedad Ica Única

Para la variedad Ica Única en el municipio de Toca, la aparición de la enfermedad fue más tardía que para la variedad Diacol Capiro. Los primeros registros de la enfermedad se presentaron a los 105 dds, coincidiendo con el reporte de Wilches-Ortiz et al. (2023) para esta misma variedad en la localidad de Mosquera, Cundinamarca. Rápidamente la enfermedad avanzó en el tratamiento control, mientras que para los tratamientos con HAD y agricultor la enfermedad tuvo un comportamiento similar cercano al 10 % hasta el final de la evaluación (Figura 3A). Siete aplicaciones (seis de ellas con fungicida de contacto) se realizaron en el tratamiento HAD mientras que en el tratamiento agricultor se hicieron

ocho aplicaciones, todas ellas con fungicida sistémico (Tabla 2). El número total de aplicaciones con la HAD coincide con los reportes en Perú de Pérez et al. (2023), en donde mencionan 7 aplicaciones realizadas con el uso de esta herramienta para el cultivar Única en las localidades de Cacara y Yarhuay.

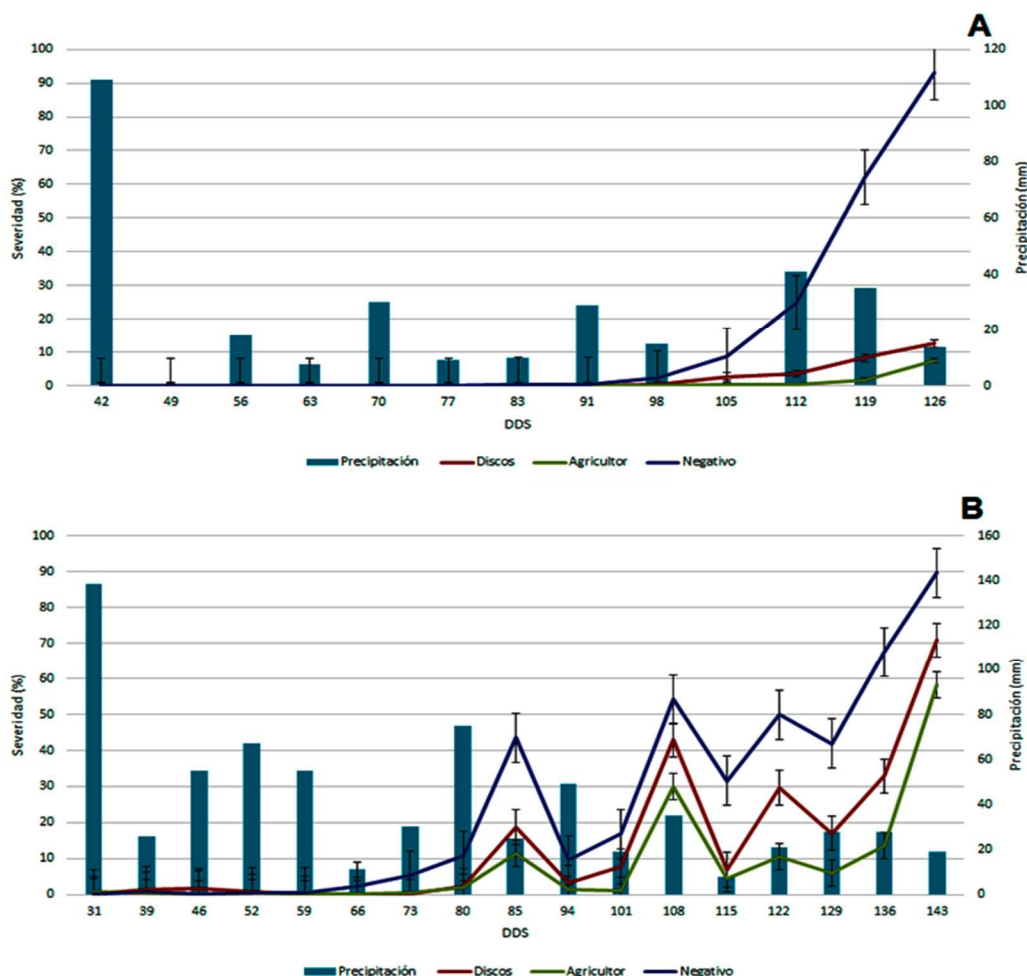


Figura 3. Esquema comportamiento severidad del tizón tardío y precipitaciones en variedad Ica Única en las localidades de (A) Toca y (B) Turmequé.

Tabla 2. Aplicaciones realizadas en variedad Ica Única en las localidades de Toca y Turmequé, C= Fungicida de contacto; S= Fungicida sistémico dds= días después de siembra.

Número de aplicaciones		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Toca	dds		51	63	75	88	101	116	130					
	Discos		S	C	C	C	C	C	C					
	dds	43	50	60	70	81	90	109	120					
	Agricultor	S	S	S	S	S	S	S	S					
Turmequé	dds	32		44	56		71		83	95	107		120	133
	Discos	S		C	C		C		C	C	C		C	C
	dds	32	38	45	53	61	70	78	87	99	106	115	124	133
	Agricultor	S	S	C	S	S	S	S	S	S	S	C	C	S

Mientras que, en el municipio de Turmequé, la aparición de la enfermedad para esta variedad se observó a los 66 dds. El grado de severidad del patógeno a lo largo del ciclo productivo fue variable por que la pluviosidad no fue constante, pero hacia el día 115 después de siembra se aprecia (Figura 3B) la mayor diferencia de la presión de la enfermedad con el tratamiento control. El tratamiento de manejo con herramienta de apoyo a decisiones (HAD) usó solo una aplicación de fungicida sistémico, mientras que el tratamiento del productor realizó 10 aplicaciones de fungicida sistémico (Tabla 2). Para las dos localidades se evidenció una reducción en el número de aplicaciones con el uso de la HAD confirmando las afirmaciones de Pérez et al. (2020) y Wilches-Ortiz et al. (2023) acerca de la efectividad del uso de esta herramienta con la disminución de aplicaciones con un bajo impacto ambiental en el sistema productivo.

En el municipio de Toca, el AUDPCr fue similar entre tratamientos agricultor y HAD y la producción en cuanto a número de tubérculos no se afectó por la incidencia del patógeno (Figura 4A). En cuanto a peso de tubérculos el tratamiento del agricultor y el tratamiento usando la herramienta de apoyo no se observaron diferencias ($p > 0.05$) (Figura 4A).

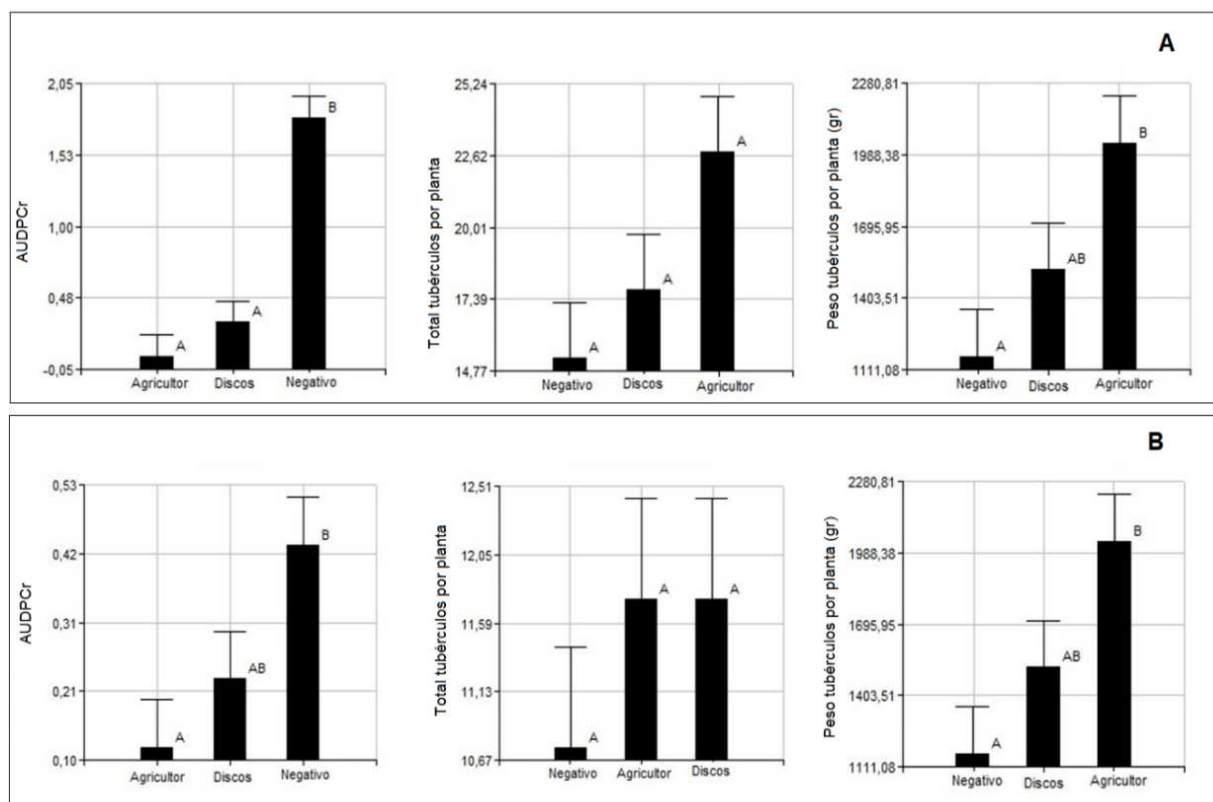


Figura 4. Esquema del área relativa bajo la curva del progreso de la enfermedad (AUDPCr), Cantidad de tubérculos/planta y peso de tubérculos/planta en tratamientos y control de la variedad Ica Única en las localidades de Toca (A) y Turmequé (B).

En Turmequé el comportamiento del AUDPCr fue mayor en el tratamiento control, pero no presentó diferencias ($p > 0.05$) con respecto al tratamiento de discos (Figura 4B). El número y peso de tubérculos no se vio afectado por la enfermedad ($p > 0.05$) entre el tratamiento con la herramienta de apoyo y el del productor, aunque se observó diferencia ($p < 0.05$) con el control (Figura 4B). Los resultados ratifican

el beneficio del uso de la herramienta para este cultivar en las dos localidades, adicionándose a otros estudios que destacaron que la producción de tubérculos no se ve afectada por el uso de la HAD (Pérez et al., 2020; Wilches-Ortiz et al., 2023). Con respecto al AUDPCr cabe resaltar que en el estudio de Wilches-Ortiz et al. (2023) realizado en la localidad de Mosquera, encontraron un valor de 0,24 en la variedad Ica Única, valor de AUDPCr por debajo del encontrado en Toca (0,43) y un poco por encima de Turmequé (0,22).

Variedad Pastusa Suprema

En la localidad de Toca, hasta los 100 dds empezó a registrarse la severidad en la variedad Pastusa Suprema. La enfermedad avanzó rápidamente y aumentó notoriamente en el tratamiento HAD en el cual llegó a una severidad del 40 %. Algo muy notorio para esta variedad (Figura 5A). Siete aplicaciones se hicieron con HAD, seis de ellas con fungicidas de contacto, mientras que el tratamiento del agricultor tuvo 11 aplicaciones, todas ellas con fungicida sistémico (Tabla 3).

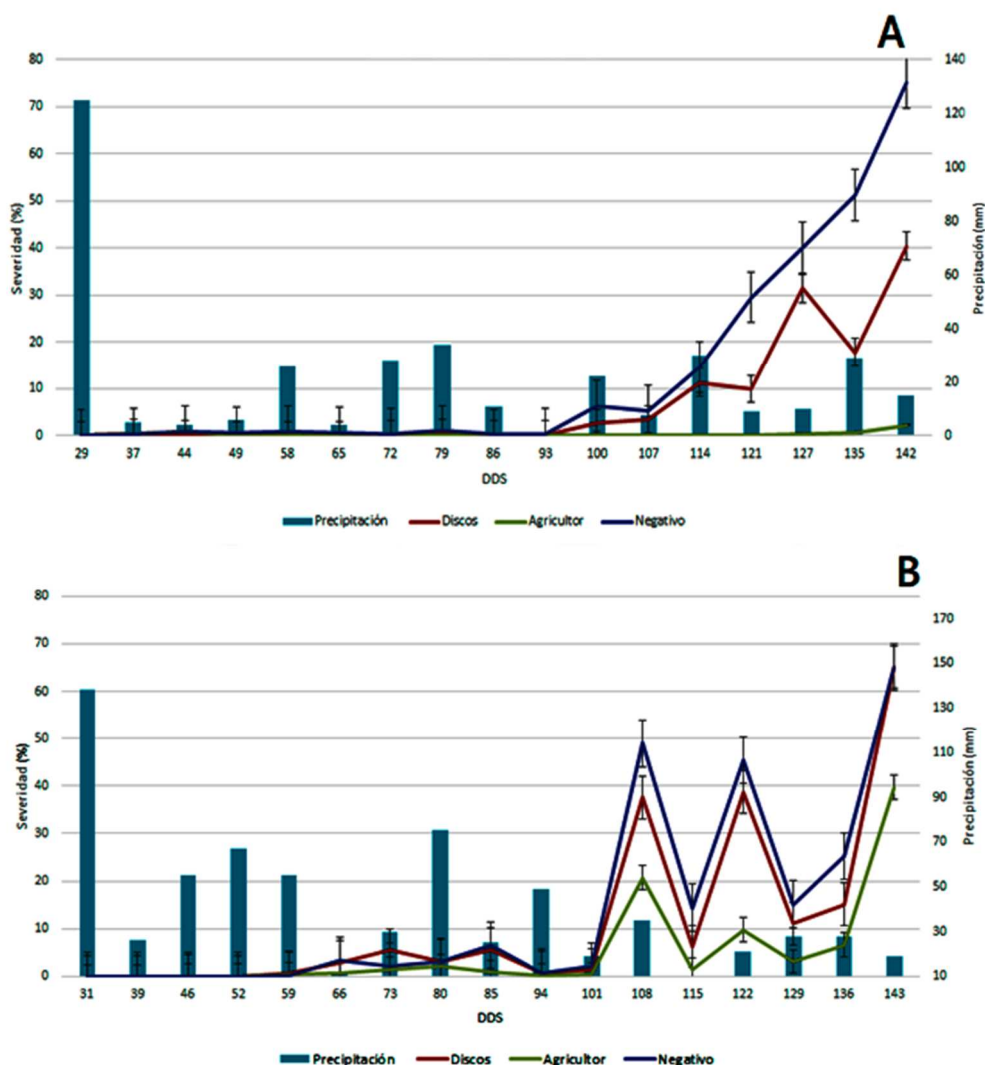


Figura 5. Esquema comportamiento severidad del tizón tardío y precipitaciones en variedad Suprema en las localidades de Toca (A) y Turmequé (B).

Tabla 3. Aplicaciones realizadas en variedad Suprema en las localidades de Toca y Turmequé, C= Fungicida de contacto; S= Fungicida sistémico; dds= días después de siembra.

Número de aplicaciones		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Toca	dds	37			54	70	87		103	119		134		
	Discos	S			C	C	C		C	C		C		
	dds	31	37	48	62	70	87	94	104	114	125	134		
	Agricultor	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S		
Turmequé	dds	32		48		65		81		98		113	128	
	Discos	S		S		C		C		C		C	C	
	dds	32	38	45	53	61	70	78	87	99	106	115	124	133
	Agricultor	S	S	C	S	S	S	S	S	S	S	C	C	S

En el municipio de Turmequé, la aparición de síntomas de la enfermedad (variedad Suprema) fue entre los días 59 y 111 (Figura 5B). Después del día 108 la expresión de la enfermedad fue aumentando, alcanzando los mayores valores al final del ciclo del cultivo. El uso de la herramienta de apoyo disminuyó en 6 aplicaciones de fungicidas en comparación con el tratamiento del productor (Tabla 3).

Se destaca que a pesar de que la expresión de la enfermedad en ambas localidades se presentó mucho antes que la reportada por Wilches-Ortiz et al. (2023) para el cultivar Suprema, el número de aplicaciones con la HAD en el presente estudio fue menor que la reportada por los autores, quienes mencionan un total de 10 aplicaciones con la herramienta. Esto demuestra el potencial de la HAD para ambas localidades en comparación a otras regiones de producción del tubérculo en el país.

En Toca, el área bajo la curva fue estadísticamente significativa ($p < 0.05$) para el tratamiento del agricultor y HAD (Figura 6A). Esto indica que en la variedad Suprema la presión de la enfermedad fue mayor en el tratamiento de discos en comparación con el del agricultor. Pero en cuanto a las variables de producción (número y peso de tubérculos) no se afectaron por el patógeno (Figura 6).

Situación similar se presentó en la localidad de Turmequé, donde los tratamientos de discos y agricultor no presentaron diferencias ($p > 0.05$) (Figura 6B), indicando que, aunque la presión de la enfermedad estuvo presente en el tratamiento de discos, la producción promedio en cuanto a peso y número de tubérculos no se vio afectada, mostrando que el uso de los discos puede ser una alternativa viable para el manejo de la gota en la variedad Suprema, coincidiendo con Yauri Vásquez. (2020) quienes no encontraron diferencias en el rendimiento del cultivo con el uso de la HAD y los tratamientos.

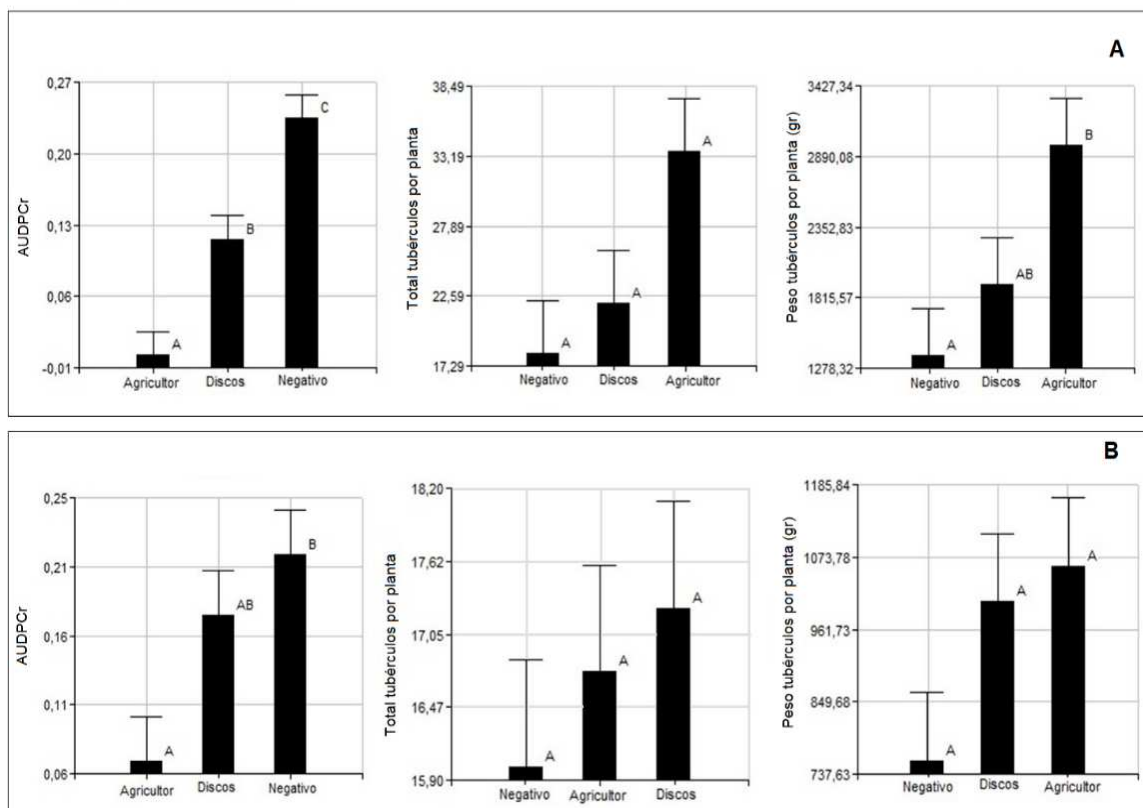


Figura 6. Área relativa bajo la curva del progreso de la enfermedad (AUDPCr), cantidad de tubérculos/planta y peso de tubérculos/planta en tratamientos y control de la variedad Suprema en las localidades de Toca (B) y Turmequé (A).

CONCLUSIONES

La herramienta de apoyo a la toma de decisiones (HAD) presenta potencial de uso para el manejo del tizón tardío en variedades que se usan en Colombia, reduciendo el uso de fungicidas y manteniendo niveles productivos estables. La implementación de la herramienta disminuye los costos de producción, aunque es necesario realizar evaluaciones adicionales en ambientes contrastantes, para tener más precisión en los ajustes que requieren los discos para su completa validación en Colombia.

Para las zonas de Boyacá evaluadas, la reducción en aplicaciones fue en mayor medida en la localidad de Turmequé, donde en la variedad Ica Única se redujo en cuatro aplicaciones, mientras que en la variedad Pastusa Suprema tuvo una reducción de seis aplicaciones en comparación con lo usado por el productor sin afectar la producción de los tubérculos.

La presión del patógeno en las zonas evaluadas llama a reconsiderar en periodos de evaluación más cortos y la necesidad de fungicidas sistémicos para aprovechar la resistencia que tiene el material Pastusa Suprema.

AGRADECIMIENTOS

Al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia - MADR, por la financiación y a la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia), por la ejecución del producto: “Estrategias de producción sostenible de papa en el altiplano Cundiboyacense y Nariño, que permitan la obtención de un producto inocuo y de mínimo impacto”.

LITERATURA CITADA

- Acuña B. & Sepúlveda T. (2023). Manejo Integrado del Tizón tardío de la papa. Osorno, Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias. INIA Remehue, N° 123. <https://hdl.handle.net/20.500.14001/69040>.
- Agong, S. O. (2021). Biocontrol of late blight *Phytophthora infestans* on potato using selected fungal antagonists and plant extracts in Kiambu and Nyandarua counties, Kenya (Kenyatta University). <https://ir-library.ku.ac.ke/server/api/core/bitstreams/27ac2693-dd3b-4b3c-822d-3d68846344df/content>
- Alcaldía Municipal de Turmequé. (2016). Plan de desarrollo municipal “Gestión, Transparencia y Progreso para Turmequé”. https://turmequeboyaca.micolombiadigital.gov.co/sites/turmequeboyaca/content/files/000088/4368_plan-desarrollo-20162019_ok.pdf
- Arias, L., Bojacá, C., Ahumada, D. & Schrevens, E. (2013). Monitoring of pesticide residues in tomato marketed in Bogota, Colombia. Food Control. 35:213–217. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.06.046>
- Dar, W., Parry, F. & Bhat, B. (2021). Potato late blight disease prediction using meteorological parameters in Northern Himalayas of India. Journal of Agrometeorology, 23(3), 310–315. <https://doi.org/10.54386/jam.v23i3.35>
- FNFP-Fedepapa. (2020). Informe de gestión vigencia 2020. Fondo Nacional de Fomento de la Papa – FNFP, Federación Colombiana de Productores de Papa – Fedepapa. <https://fedepapa.com/wp-content/uploads/2024/07/INFORME-DE-GESTION-VIGENCIA-2020.pdf>
- Fry, W. (1978). Quantification of general resistance of potato cultivars and fungicide effects for integrated control of potato late blight. Phytopathology. 68:1650-1655. https://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1978Articles/Phyto68n11_1650.PDF
- Gobernación de Boyacá. (2021). Estudio técnico de límites del municipio de Toca. Dirección de Ordenamiento Territorial. Recuperado de <https://planeacion.boyaca.gov.co/wp-content/uploads/2023/05/ESTUDIO-TOCA-10-NOV-2021.pdf>
- Juyó, D., Gerena, H. & Mosquera, T. (2011). Evaluación de marcadores moleculares asociados con resistencia a gota (*Phytophthora infestans* L.) en papas diploides y tetraploides Rev. Colomb. Biotecnol. 12: 51-62. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/39371>

- Monsalve-Fonnegra Z., Monsalve-Restrepo M., Urrea-Trujillo A. & Zapata J. (2012). Expresión diferencial durante la interacción *Solanum tuberosum* - *Phytophthora infestans*. Rev. Colomb. Biotecnol. 6: 77-92. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/31765>
- Montgomery, D. (2004). Diseño y análisis de experimentos. https://www.academia.edu/9101936/Dise%C3%B1o_y_an%C3%A1lisis_de_experimentos_Douglas_C_Montgomery
- 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. Agron. Colomb., 26(1), 7-15. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-99652008000100002&script=sci_arttext
- Mundt, C. C. (2014). Durable resistance: A key to sustainable management of pathogens and pests. Infection, Genetics and Evolution. <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2014.01.011>
- Pérez, W., Arias, R., Taipe, A., Ortiz, O., Forbes, G., Andrade-Piedra, J. & Kromann, P. (2020). 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). Manual Técnico: El tizón tardío de la papa. Lima, CIP. 39 p. <https://surl.li/cpecdn>
- Pérez, W., Juarez, H., Quispe, M., Palacios, P. & Andrade-Piedra, J. (2023). Decision support system for controlling Late Blight: Field trials and digital tool development in the Peruvian highlands- Preliminary results. <https://cgspace.cgiar.org/server/api/core/bitstreams/a3c8eb89-a5cd-48a1-8624-c8f9e994cab6/content>
- Pérez, W., Kawarazuka, N., Fonseca Martel, C. & Andrade-Piedra Naranjo, J. (2024). Una herramienta de apoyo a la toma de decisiones para el manejo del tizón tardío de la papa: evaluación de su utilidad para que las mujeres agricultoras logren impactos equitativos en las tierras altas del Perú. *NJAS: Impact in Agricultural and Life Sciences*, 96(1). <https://doi.org/10.1080/27685241.2024.2385564>
- R Core Team (2021). R: A Language and Environment for Statistical Computing. In R Foundation for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/>
- Shaner G. & Finney R. (1977). The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat. *Phytopathology* 67:1051–1056. https://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1977Articles/Phyto67n08_1051.pdf?origin=publication_detail&origin=publication_detail
- Taipe A., Kromann P., Andrade-Piedra J., Pérez W., Téllez C., Panchi N. & Cuesta X. (2015). Desarrollo de estrategias de manejo del tizón tardío en Ecuador. Resúmenes VI Congreso ecuatoriano de la papa. p 83-85. https://issuu.com/horticulturaposcosecha/docs/1507_memorias_vi_cep_congreso_papa

- Wilches Ortiz, W. (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 [UnADM]. En: Universidad abierta y a distancia de México. <http://www.repositorio.unadmexico.mx:8080/xmlui/handle/123456789/393>
- Wilches Ortiz, W., Vargas Diaz, R. & Espitia Malagón, E. (2022a). Relationship between effects of climate and the late blight (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary) in the potato (*Solanum tuberosum* L.) crop. Siembra, 9(2). <https://doi.org/10.29166/siembra.v9i2.4008>
- Wilches Ortiz, W., Sandoval Cáceres, Y., Vargas Diaz, R. & Cruz Castiblanco, G. (2022b). Relación de *Tecia solanivora* (Povolny, 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), 795–806. <http://www.insectachile.cl/48-4-2022/>
- Wilches-Ortiz, W., Vargas-Díaz, R., Espitia-Malagón, E. & Franco-Florez, C. (2023). 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.). Revista Científica Dékamu Agropec, 4(2), 85–97. <https://doi.org/10.55996/dekamuagropec.v4i2.201>
- Yauri Vásquez, M. A. (2020). Uso de herramientas circulares en la toma de decisiones para el manejo del tizón tardío de la papa *Phytophthora infestans* (Mont.) en variedades resistentes (Tesis de grado). Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Repositorio Institucional UNDAC. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/1956>

BIODATA

Ruy Edeymar Vargas Diaz: Investigador Máster. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – Agrosavia. Dirección Centro de Investigación Tibaitatá. Ingeniero Agrícola con Maestría en Bioestadística de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá. Desde 2021, las publicaciones han abordado temas como el análisis espacial y geoestadístico de suelos, modelado de erosión y escorrentía en cultivos (papa y caña de azúcar), manejo agronómico de plagas y uso de herramientas fitosanitarias y la evaluación de rotaciones y prácticas de labranza.

Wilmar Alexander Wilches Ortiz: Investigador Máster Asociado. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – Agrosavia. Dirección Centro de Investigación Tibaitatá. Ingeniero agrónomo con Maestrías en Biotecnología Alimentaria, Cambio Climático y Seguridad Alimentaria. Desde el 2021, el autor ha publicado activamente en revistas nacionales e internacionales, además de producir capítulos, ponencias y póster científicos. Sus áreas principales incluyen hongos micorrízicos, manejo de cultivos (uchuva, papa, caña, gardenia, mango, tabaco), seguridad alimentaria y cambio climático. También ha generado literatura aplicada, incluyendo libros y manuales sobre agroindustria panelera, el cultivo de la uchuva, los hongos formadores de micorrizas arbusculares y el manejo de plagas y enfermedades del cultivo de papa.

Eduardo María Espitia Malagón: Investigador Máster. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – Agrosavia. Dirección Centro de Investigación Tibaitatá. Ingeniero agrónomo de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC), de Tunja. MSc en Entomología y Manejo Integrado de Plagas (MIP) de la Universidad Estatal de Michigan (MSU). Boyacense. Investigador en el área de MIP y producción con buenas prácticas agrícolas. Desde el 2021 ha publicado investigaciones clave sobre el impacto del clima en el tizón tardío, y en temas relacionados con manejo integrado y sostenibilidad en el cultivo de papa.

Clara Viviana Franco Florez: Profesional de apoyo a la investigación. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – Agrosavia. Dirección Centro de Investigación Tibaitatá. Ingeniera Biotecnológica de la Universidad Francisco de Paula Santander UFPS (Cúcuta, Norte de Santander) con capacidad de investigación, interpretación y ejecución de procesos biotecnológicos utilizando sistemas biológicos, orientados a la solución de problemas relacionados con los sectores agrícola, ambiental y alimentario. Desde el 2021 ha contribuido en publicaciones referentes a la investigación en agroindustria, principalmente en las líneas de postcosecha y modelado de procesos fisiológicos en frutas tropicales, desarrollo de productos alimentarios innovadores, evaluación de prácticas agrícolas sostenibles (labranza, conservación de suelos) y en la aplicación de herramientas estadísticas y geoespaciales en agronomía.