

Alerta temprana para el manejo del Tizón tardío de la papa. ATN/RF 16678 RG.

**Producto 10. Validación de PhytoAlert en Argentina
Florencia Lucca**

2023



Ministerio de Agricultura,
Ganadería y Pesca
Argentina



FONTAGRO



Copyright, licencias CC y Disclaimer.

Códigos JEL: Q16

ISBN:

Copyright © 2022 Banco Interamericano de Desarrollo. Todos los derechos reservados; este documento puede reproducirse libremente para fines no comerciales.

FONTAGRO es un fondo administrado por el Banco pero con su propia membresía, estructura de gobernabilidad y activos. Se prohíbe el uso comercial no autorizado de los documentos del Banco, y tal podría castigarse de conformidad con las políticas del Banco y/o las legislaciones aplicables. Las opiniones expresadas en esta publicación son exclusivamente de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.

El presente documento ha sido preparado por Florencia Lucca

Esta publicación puede solicitarse a:

FONTAGRO

Correo electrónico: fontagro@fontagro.org

www.fontagro.org



Tabla de Contenidos

Abstract / Resumen	4
Introducción.....	6
Objetivos.....	7
Metodología	Error! Bookmark not defined.
Resultados	11
Discusión.....	29
Conclusiones	31
Referencias Bibliográficas	32



Abstract

Argentina is one of the main potato producing countries in Latin America. Fresh potato tubers are available year around from four potato producing areas, with different growing seasons and agroecological conditions. Late blight (LB) is the most important disease of the crop in the country, and fungicide treatment is the main control strategy used. To increase the efficiency and sophistication of LB control tools, we developed PhytoAlert DSS, a decision support system. PhytoAlert DSS generates a dynamic fungicide application scheme that coincides with high-risk periods to avoid unnecessary applications, providing an optimal scheme for LB disease control. The objective of this work was to validate and evaluate at field level PhytoAlert DSS in two producing regions of Tucuman with different agroecological conditions i) Pedemonte (open market) and ii) Tafí del Valle (seed production) in 6 field trials from 2018 to 2020-21 crop seasons, in order to increase grower confidence in the usefulness of the system. PhytoAlert DSS-based recommendations were compared to a Calendar fungicide application schedule, in terms of number of applications and economic and environmental impact in both systems. PhytoAlert DSS-guided decisions in the experimental plots led on average to a reduction in the number of fungicide applications by 46.67%, increased economic savings of 54.43% and a reduction in environmental impact of 45.99%, while maintaining adequate levels of crop protection and yields. PhytoAlert DSS was successfully incorporated by growers in their crop decision-making, with average reductions in environmental, economic and number of applications of 60%, 35% and 38% (Tafí del Valle, 2021/22) and 69%, 79% and 69% (Primicia, 2021). The complete analysis of the economic and environmental impact of all years of PhytoAlert validation in these producing areas of Tucumán is presented. PhytoAlert DSS contributed to a more profitable and sustainable potato production in Tucumán.

Key words:

PhytoAlert, DSS, economic impact, EIQ, late blight, fungicides



Resumen

Argentina es uno de los principales países productores de papa en América Latina. Los tubérculos de papa fresca están disponibles durante todo el año, provenientes de cuatro zonas productoras de papa, con diferentes ciclos de cultivo y condiciones agroecológicas. El tizón tardío es la enfermedad más importante del cultivo en el país, siendo el tratamiento con fungicida la principal herramienta empleada para su control. Para incrementar la eficiencia y sofisticación de las herramientas para el control del Tizón Tardío, desarrollamos PhytoAlert DSS, un sistema de apoyo a la toma de decisiones. PhytoAlert DSS genera un esquema de aplicaciones de fungicidas dinámico que coinciden con los períodos de alto riesgo para evitar aplicaciones innecesarias, proporcionando un esquema óptimo para el control de la enfermedad. El objetivo de este trabajo fue validar y evaluar a nivel de campo PhytoAlert DSS en dos regiones productoras de la Provincia de Tucumán con distintas condiciones agroecológicas i) Pedemonte (consumo) y ii) Tafí del Valle (semilla) en 6 ensayos desde 2018 a 2020-21 campañas del cultivo, a fin de aumentar la confianza de los productores en la utilidad del sistema. Las recomendaciones basadas en PhytoAlert DSS se compararon con un programa Calendario de aplicación de fungicidas, en cuanto al número de aplicaciones y el impacto económico y ambiental en ambos sistemas. Las decisiones guiadas por PhytoAlert DSS en las parcelas experimentales condujeron en promedio a una reducción en el número de aplicaciones de fungicidas en un 46,67 %, a un mayor ahorro económico del 54,43% y una reducción del impacto ambiental del 45,99%, manteniendo niveles adecuados de protección y rendimientos del cultivo. PhytoAlert DSS fue incorporada en forma exitosa por productores para la toma de decisiones en sus cultivos, con reducciones promedio en el impacto ambiental, económico y del número de aplicaciones de 60%, 35% y del 38% (Tafí del Valle, 2021/22) y del 69%, 79% y del 69% (Primicia, 2021). Se presenta el análisis completo del impacto económico y ambiental de todos los años de validación de PhytoAlert en estas zonas productoras de Tucumán. PhytoAlert DSS contribuyó a una producción de papa más rentable y sostenible en Tucumán.

Palabras clave:

PhytoAlert, DSS, Impacto económico, EIQ, tizón tardío, fungicidas



Introducción

La papa es un importante cultivo básico en Argentina con una producción de alrededor de 2 millones de toneladas, según las últimas estadísticas (Faostat, 2019). Basado en la producción, Argentina se posiciona en el puesto 32 a nivel mundial y el cuarto en América Latina (Faostat, 2019). El mercado ofrece papas frescas durante todo el año, procedentes de cuatro principales zonas productoras i) temprana, ii) semi-temprana, iii) semi-tardía y iv) tardía. En cuanto a las variedades, Spunta domina el mercado de productos frescos e Innovator es la variedad más cultivada por los agricultores abasteciendo a la industria procesadora principalmente con papas fritas. El nivel tecnológico de los productores de papa a nivel país varía según el tamaño de los campos y la meta de producción. Puede ser totalmente mecanizada y alcanzar altos niveles tecnológicos con agricultores medianos a grandes que producen papas principalmente para la industria de procesamiento. Por su parte los pequeños agricultores producen papas para el mercado de productos frescos utilizando mano de obra intensiva, especialmente durante la cosecha (Kessel et al, 2010). El tizón tardío de la papa es causado por el oomicete *Phytophthora infestans*, la enfermedad más grave afectando el cultivo de papa a nivel mundial. Las pérdidas globales anuales (incluyen pérdidas de rendimiento y costo en las medidas de control del tizón tardío), se ha estimado en € 9,4 mil millones por año considerando en conjunto a los países en desarrollo y desarrollados (Haverkort et al., 2016). La enfermedad se controla principalmente mediante aplicaciones frecuentes de fungicidas, pero la industria y los consumidores buscan tecnologías de gestión más sostenibles (Beaumont 1993; Levitan et al. 1995; Levitan 2000; Pretty y Hine 2005). Por lo tanto, con el fin de contribuir a mejorar la sostenibilidad local, se desarrolló y validó PhytoAlert DSS para el manejo del tizón tardío sustentable y sostenible del tizón tardío en la provincia de Tucumán en dos zonas productoras: Pedemonte (consumo) y Tafí del Valle (semilla) con ambientes agroecológicos diferentes. PhytoAlert DSS, integra la información disponible sobre las condiciones meteorológicas (meteorología y datos pronosticados), el ciclo de la enfermedad, el cultivo y las aplicaciones de fumigación anteriores para generar un programa de pulverización óptimo. Las recomendaciones basadas en PhytoAlert DSS se compararán con una estrategia basada en un esquema fijo calendario (práctica común en la zona), en cuanto a la cantidad de aplicaciones y el impacto económico e impacto ambiental.



Objetivos

El objetivo de este trabajo fue validar mediante parcelas experimentales y posteriormente en campos de productores PhytoAlert DSS en dos regiones de la Provincia de Tucumán con distintas condiciones agroecológicas i) Pedemonte (papa destinada a consumo) y ii) Tafí del Valle (papa destinada a semilla). Durante cuatro temporadas de cultivo consecutivas (2018, 2019, 2019-20 y 2020-21) se validó la eficacia de PhytoAlert DSS en comparación con el programa tradicional de calendario de aplicación. Además, también se evaluaron y compararon los costos de producción y el impacto medioambiental de PhytoAlert DSS en campos de productores, a fin de aumentar la confianza de los productores en la utilidad e implementación del sistema.

Nota

Se definieron originalmente dos zonas de producción de papa en Argentina en donde validar PhytoAlert DSS con agricultores de baja escala, objetivo de este Proyecto: en el norte del país y en la zona de Gral. Belgrano, en la provincia de Buenos Aires. Finalmente, y dado que el área de producción de papa en Gral. Belgrano se restringió marcadamente los últimos años por la crisis económica y los productores migraron a otros cultivos de baja escala (principalmente hortícolas) que les resulten más rentables y con menores costos fijos que la papa. Por tal motivo, con el objetivo de ayudar a los productores locales a lograr una producción de papa más rentable y sostenible, centramos nuestro trabajo de validación de PhytoAlert DSS en el norte del país, en particular en la provincia de Tucumán. Esta decisión se basó en la posibilidad de validar PhytoAlert DSS en dos zonas con condiciones agroecológicas distintas y por contar con productores cuyo principal cultivo es la papa, además del apoyo de agentes de INTA en la región



Metodología

PhytoAlert DSS

PhytoAlert es un sistema de apoyo a la toma de decisiones o DSS (por sus siglas en inglés *Decision Support System*) diseñado para el control del tizón tardío de la papa. PhytoAlert DSS integra las condiciones meteorológicas que afectan a la biología del patógeno, considera el nivel de resistencia del huésped y como un componente adicional a la toma de decisiones a los fungicidas previamente aplicados (considerando la degradación de los productos). De esta forma, los datos meteorológicos horarios de tres variables: i) temperatura, ii) humedad relativa y iii) lluvia/riego acumulativo, se analizan para identificar eventos de riesgo de infección por *P. infestans* pasados y futuros. Para detectar los eventos futuros se incluye un pronóstico meteorológico, que brinda más flexibilidad en la implementación de medidas de control preventivas del tizón tardío. PhytoAlert DSS genera un esquema de aplicaciones de fungicidas dinámico que coinciden con los períodos de alto riesgo para evitar aplicaciones innecesarias, proporcionando un esquema óptimo para el control de la enfermedad.

Asimismo, PhytoAlert DSS clasifica a los fungicidas en preventivos (para aplicaciones realizadas antes del período crítico), fungicidas curativos (para aplicaciones realizadas hasta 2 días después del inicio del evento crítico) y fungicidas con acción erradicante (aplicaciones realizadas posterior a los 2 días de un período crítico). El momento en que se realizan las aplicaciones es guiado por la biología del patógeno, mientras que la elección de los fungicidas es guiada por las características de los fungicidas siguiendo un criterio similar al descrito en la tabla de fungicidas de *P. infestans* de Euroblight, la Red Europea de tizones

(<https://agro.au.dk/forskning/internationale-platforme/euroblight/control-strategies/late-blight-fungicide-table/>).

Parcelas experimentales

Para la validación de PhytoAlert DSS se establecieron parcelas experimentales en dos zonas productoras de papa de la Provincia de Tucumán con condiciones agroecológicas diferentes en 4 campañas de cultivo de papa en el invierno-primavera y en primavera-verano.



Diseño Experimental: Completamente Aleatorizado (DCA) con tres a cuatro repeticiones según la temporada de cultivo (ver tabla 2). Para los ensayos realizados en campos de productor se trabajaba sobre surcos de 50m de largo. Por su parte para los ensayos llevados a cabo en la Estación experimental de Famaillá, las parcelas constaban de 4 surcos de 8m de largo distanciados 0,85cm entre sí. La preparación del suelo, la fertilización y el riego se realizaron de acuerdo con las mejores prácticas agrícolas para la producción comercial de papa en la región.

Tratamientos: Testigo (**T**) sin aplicación química; PhytoAlert (**PA**) con aplicaciones según recomendación de la alarma y Control calendario (**CA**) con un esquema fijo de aplicaciones cada 7-10 días.

Variedades: varió según el ensayo. Spunta, la variedad más ampliamente plantada fue incluida en todos los ensayos. Adicionalmente se incluyeron (según el ensayo) variedades desarrolladas por INTA tales como Calen, Frital, Pampeana y la variedad Atlantic.

Análisis estadístico: Se realizó ANOVA con los datos de peso registrado y para la comparación de medias se usó el método estadístico LSD ($p \leq 0.05$), mediante el software Infostat.

Observaciones de la enfermedad

Se registró la fecha de la observación de los primeros síntomas del tizón tardío y el posterior progreso de la epidemia. La gravedad de la enfermedad se evaluó como el porcentaje de follaje enfermo utilizando un método descrito por Fry (1977). La gravedad de la enfermedad se evaluó cada 3 a 10 días, con evaluaciones más frecuentes durante el rápido desarrollo de la epidemia. Para evaluar la epidemia, se determinó el Área bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad (AUDPC) (Jeger y Viljanen-Rollinson, 2001). Se realizó un análisis estadístico de los datos con el paquete estadístico SAS.

Impacto económico y ambiental

El impacto económico se determinó en base al costo de los fungicidas aplicados en cada sistema de producción (para las parcelas experimentales y para los campos de productores). La metodología se basó en los precios de los fungicidas (valorados en US dólares por cada temporada) y un costo actualizado de la mano de obra agrícola (aplicación de fungicida) por



temporada. Para calcular el costo de la mano de obra usamos una unidad de trabajo agrícola expresado como UTA (que es el acrónimo en español de Unidad de Trabajo Agrícola) descrito por Garbers (2003).

Para evaluar el impacto ambiental total de los fungicidas aplicados en cada campaña se determinó el Cociente de Impacto Ambiental o EIQ (por sus siglas en inglés *Environmental Impact Quotient*) a la dosis de campo para los tratamientos de PhytoAlert y el Control Calendario según la metodología de Kovach et al (1992). Este índice utiliza los ingredientes activos de los fungicidas a la dosis utilizada en el campo. Los valores más altos de EIQ-FUR (por sus siglas en *Field Use Rate*) indicarán un mayor riesgo para el medio ambiente.

Red de alertas de tizón enviada a productores – Historia de terreno

Se crearon grupos de WhatsApp con productores (beneficiarios directos e indirectos del Proyecto Fontagro) en las dos zonas de producción de Tucumán con condiciones agroecológicas diferentes. Se enviaron alertas de riesgo por WhatsApp cada 2 a 3 días y con más frecuencia cuando la presión de la enfermedad lo demandaba. Además del asesoramiento brindado por WhatsApp, los agentes de la Agencia de Extensión Rural Aguilares del INTA estuvieron en contacto directo con los productores para apoyarlos en la toma de decisiones. Las aplicaciones realizadas por los productores eran informadas y cargadas en el sistema para actualizar el estado de protección de cultivos.



Resultados

Condiciones de los experimentos: Ensayos 1 a 6

Los 6 ensayos que se listan seguidamente constaron de tres tratamientos: Testigo sin tratar químicamente, Control Calendario y PhytAlert DSS. Tuvieron 4 repeticiones, excepto en la temporada 2019/20 en donde los Ensayos 4 y 5 constaron de 3 repeticiones. Un total de 114 parcelas fueron evaluadas desde 2018 a 2020-21. Ensayo 1 -2018 -La Tipa. Departamento Río Chico (12 parcelas), Ensayo 2 - 2018 - Famaillá. Departamento Famaillá (48 parcelas), Ensayo 3 – 2019 -Monte Bello. Departamento Río Chico (12 parcelas), Ensayo 4 - 2019-20 - El Rodeo. Departamento Tafí del Valle (9 parcelas), Ensayo 5 - 2019-20 - La Angostura. Departamento Tafí del Valle (9 parcelas), Ensayo 6 - 2020-21 - La Angostura. Departamento Tafí del Valle (24 parcelas). Las condiciones experimentales de cada uno de los 6 ensayos de validación de PhytAlert DSS se presentan en las Tabla 1.



Tabla 1. Condiciones experimentales en las distintas parcelas experimentales y los años de evaluación para la validación de PhytoAlert en la Provincia de Tucumán.

	Ensayo 1 2018		Ensayo 2 2018		Ensayo 3 2019		Ensayo 4 2019-20		Ensayo 5 2019-20		Ensayo 6 2020-21	
Ubicación	La	Tipa.	Famaillá.		Monte Bello.		El Rodeo.		La	Angostura.	La	Angostura.
	Departamento		Departamento		Departamento		Departamento		Departamento		Departamento	
	Río Chico.		Famaillá.		Río Chico.		Tafí del Valle.		Tafí del Valle.		Tafí del Valle.	
Latitud	-27,394556		-27,017222		-27.374167		-26,8821833		-26,9381444		-26,940698	
Longitud	-65,7365		-65,379722		-65.755833		-65,75965		-65,67799167		-65,677906	
Variedad	Spunta		Spunta/Calen/ Frital/Pampeana		Spunta		Spunta		Spunta		Spunta/Atlantic	
Tratamientos	1 - Calendario (C)		1 - Calendario (C)		1 - Calendario (C)		1 - Calendario (C)		1 - Calendario (C)		1 - Calendario (C)	
	2 - PhytoAlert (PHY)		2 - PhytoAlert (PHY)		2 - PhytoAlert (PHY)		2 - PhytoAlert (PHY)		2 - PhytoAlert (PHY)		2 - PhytoAlert (PHY)	
	3 - Testigo (T)		3 - Testigo (T)		3 - Testigo (T)		3 - Testigo (T)		3 - Testigo (T)		3 - Testigo (T)	
Replicas	4 (DBCA)		4 (DBCA)		4 (DBCA)		3 (DBCA)		3 (DBCA)		4 (DBCA)	
Fecha de Plantación	15-07-2018		10-08-2018		03-06-2019		21-10-2019		20-10-2019		16-11-2020	
Fecha de Emergencia	18-08-2018		12-09-2018		05-07-2019		26-11-2019		22-11-2019		08-12-2020	



Labranzas	Fertilización de base: Nitrógeno: 110 kg/ha. (Fuente Urea y Fosfato Diamónico); Fósforo: 90 kg/ha. (Fuente Fosfato Diamónico). Control químico de malezas: Hoja Ancha: Metribuzín en preemergencia a una dosis de 1 l/ha. Control mecánico de malezas y aporques	Fertilización de base: Nitrógeno: 110 kg/ha. (Fuente Urea y Fosfato Diamónico); Fósforo: 90 kg/ha. (Fuente Fosfato Diamónico). Control químico de malezas: Hoja Ancha: Metribuzín preemergencia , 0.8 l/ ha. Control manual de malezas gramíneas y ciperáceas, y dos aporques.	Fertilización de base: Nitrógeno: 110 kg/ha. (Fuente Urea y Fosfato Diamónico); Fósforo: 90 kg/ha. (Fuente Fosfato Diamónico). Control químico y mecánico de malezas: Hoja Ancha: Metribuzín en preemergencia a una dosis de 1 l/ha. Control mecánico de malezas y un aporque grande inicial definitivo.	Fertilización de base: Nitrógeno: 110 kg/ha. (Fuente Urea y Fosfato Diamónico); Fósforo: 90 kg/ha. (Fuente Fosfato Diamónico). Control químico y mecánico de malezas: Hoja Ancha: Metribuzín en preemergencia a una dosis de 1 l/ha. Control mecánico de malezas y un aporque grande inicial definitivo.	Fertilización de base: Nitrógeno: 110 kg/ha. (Fuente Urea y Fosfato Diamónico); Fósforo: 90 kg/ha. (Fuente Fosfato Diamónico). Control químico y mecánico de malezas: Hoja Ancha: Metribuzín en preemergencia a una dosis de 1 l/ha. Control mecánico de malezas y un aporque grande inicial definitivo.	Fertilización de base: Nitrógeno: 110 kg/ha. (Fuente Urea y Fosfato Diamónico); Fósforo: 90 kg/ha. (Fuente Fosfato Diamónico). Control químico y mecánico de malezas: Hoja Ancha: Metribuzín en preemergencia a una dosis de 1 l/ha. Control mecánico de malezas y un aporque grande inicial definitivo.
Riego	Por aspersión. 4 riegos con láminas de 25mm c/u	Por aspersión. 3 riegos con láminas de 30mm c/u	Por aspersión. 4 riegos con láminas de 30mm c/u	Por aspersión. 4 riegos con láminas de 25 y 30mm	Por aspersión. 4 riegos con láminas de 25mm c/u	Por aspersión. 4 riegos con láminas de 25mm c/u



Aplicaciones fungicidas	Calendario: 6 aplicaciones con mancozeb (2,5kg/ha c/u) PhytoAlert: 2 aplicaciones con mancozeb (2kg/ha y 2,5 Kg/ha)	Calendario: 6 aplicaciones, 2 mancozeb (1,2 Kg/ha) + 3 mancozeb (2,5 Kg/ha) + 1 clorotalonil (1,2 l/ha) PhytoAlert: 2 aplicaciones, 1 mancozeb (2,5Kg/ha) + 1 mancozeb (2,5Kg/ha) + 1 clorotalonil (1,2l/ha)	Calendario: 6 aplicaciones, 1 clorotalonil (1,2l/ha) + 1 infinito mancozeb (2,5Kg/ha) + 1 mancozeb (2,5Kg/ha) + 1 mancozeb (2,5Kg/ha) + 1 mancozeb (2l/ha) PhytoAlert: 3 aplicaciones, mancozeb (2,5Kg/ha) + 1 aplicación clorotalonil (1l/ha)	Calendario: 7 aplicaciones, mancozeb (1,2Kg/ha) + mancozeb (2Kg/ha) + mancozeb (2Kg/ha) + mancozeb (2Kg/ha) + mancozeb (2,5Kg/ha) + mancozeb (2,5Kg/ha) + mancozeb (2,5Kg/ha) + mancozeb (2,5Kg/ha) PhytoAlert: 4 aplicaciones, mancozeb (1,2Kg/ha) + mancozeb (2Kg/ha) + mancozeb (2Kg/ha) + clorotalonil (1,2l/ha)	Calendario: 8 aplicaciones, mancozeb (1,2Kg/ha) + mancozeb (2Kg/ha) + mancozeb (2Kg/ha) + mancozeb (2Kg/ha) + mancozeb (2,5Kg/ha) + mancozeb (2,5Kg/ha) + mancozeb (2,5Kg/ha) + mancozeb (2,5Kg/ha) PhytoAlert: 6 aplicaciones, mancozeb (1,2Kg/ha) + mancozeb (2Kg/ha) + clorotalonil (1,2l/ha) + mancozeb (2,5Kg/ha) + mancozeb (2,5Kg/ha)	Calendario: 12 aplicaciones, mancozeb (1,2Kg/ha) + mancozeb (1,2Kg/ha) + mancozeb (1,2Kg/ha) + mancozeb (1,2Kg/ha) + mancozeb (1,2Kg/ha) + mancozeb (1,5Kg/ha) + mancozeb (2Kg/ha) + mancozeb (2Kg/ha) + mancozeb (2,5Kg/ha) + mancozeb (2,5Kg/ha) + mancozeb (2,5Kg/ha) + mancozeb (2,5Kg/ha) + Infinito (1,2l/ha) + Infinito (1,6l/ha) + Infinito (1,6l/ha) + mancozeb (2,5Kg/ha) PhytoAlert: 7 aplicaciones, mancozeb (2Kg/ha) + mancozeb (2Kg/ha) + mancozeb (2,5Kg/ha)



mancozeb
(2,5Kg/ha) +
clorotalonil
(1,2l/ha) +
mancozeb
(2,5Kg/ha) +
mancozeb
(2,5Kg/ha)

Cosecha/ quemado	27-11-2018	10-12-2018	02-10-2019	14-02-2020	09-01-2020	20-02-2021
Observaciones	La infección en las parcelas testigo fue inferior al 5%.	La infección en las parcelas testigo fue en promedio del 3%.	Registro de 7% de tizón foliar y 11,99% en tubérculos en la parcelas testigo.	38% tizón en parcelas testigo	45% tizón en parcelas testigo	90% tizón en parcelas testigo (Atlantic) y 95% (Spunta)



Ensayo 1 -2018 -La Tipa. Departamento Río Chico.

Durante el ciclo del cultivo la presión de la enfermedad fue muy baja, registrándose un porcentaje de severidad en las parcelas sin tratamiento inferior al 5%, sin registrarse la presencia de tizón en los tratamientos Control Calendario ni PhytoAlert DSS. Una vez quemado el follaje y a la espera de la cosecha, el cultivo sufrió el efecto de un exceso de precipitaciones durante el mes noviembre. Se registraron precipitaciones de 250 mm, siendo la media para esa zona de 60 mm. Al momento de la cosecha, hubo pérdida de tubérculos por pudriciones. No se pudieron cuantificar las pudriciones atribuibles al tizón tardío, ya que había también pudriciones de origen bacteriano. En cuanto al rendimiento, no se registró una diferencia significativa entre los tratamientos y los rendimientos transformados a Kg/ha fueron: Calendario: 22.500; Phytoalert: 21.000 y Testigo: 20.500.

Ensayo 2 - 2018 - Famaillá. Departamento Famaillá.

En esta zona de producción la campaña se presentó durante el ciclo de cultivo con baja presión, con registros promedio en las parcelas testigo sin tratamiento del 3%, pero sin presencia en los tratamientos PhytoAlert DSS y Control Calendario. El análisis del rendimiento no mostró diferencias significativas entre los tratamientos y los rendimientos transformados a Kg/ha fueron: Calendario: Frital-INTA: 22.800; Spunta: 20.400; Pampeana-INTA: 20.400 y Calen-INTA: 19.000; PhytoAlert: Spunta: 23.350; Pampeana-INTA 22.500; Frital-INTA: 21.400 y Calen-INTA: 21.000 y Testigo sin aplicación: Spunta: 20.500; Frital-INTA: 19.800; Pampeana-INTA: 19.000 y Calen-INTA: 18.700.

Ensayo 3 – 2019 -Monte Bello. Departamento Río Chico.

Además del registro de la severidad del tizón en la planta (hojas, tallos y tubérculos), se efectuaron observaciones de las principales enfermedades causadas por hongos, bacterias y virus. Durante el cultivo se registró bajo porcentaje de las principales enfermedades causadas por virus y no se detectaron infecciones primarias, esto definiría una semilla de buena sanidad; no sucedió lo mismo con la presencia de *Erwinia* sp., enfermedad bacteriana que se inició en el cultivo a partir de semilla contaminada y afectó a plantas de los tres tratamientos. Para limitar su



evolución, se pulverizó en dos oportunidades con Sulfato de Estreptomicina a una dosis de 300 cc/ha. La infección fúngica causada por *Alternaria* sp., llamada Tizón temprano, se tornó importante hacia fin de ciclo causando en plantas de la parcela testigo, carente de protección con fungicidas como Mancozeb, Clorotalonil, etc., un 25 % de infección en hojas por planta, causando amarillamiento del follaje y defoliación; en plantas de los tratamientos Control Calendario y PhytoAlert DSS, la infección llegó a un 8 % en hojas, sin defoliación.

En relación a la presencia de Tizón tardío, se registró al final del ciclo en plantas testigo, las que registraron 7 % de infección en hojas y 11,99 % en tubérculos, y las de los tratamientos Control Calendario y PhytoAlert DSS presentaron síntomas únicamente en tubérculos con porcentajes de 2,79% y 4,34% respectivamente. Ante la ausencia de infección de Tizón tardío en hojas y tallos de plantas de los tratamientos Control Calendario y PhytoAlert DSS, se infiere que la infección de los tubérculos provino de las plantas testigo contaminadas. Es importante mencionar que se registró una precipitación de 56 milímetros el 10/09/2019, semanas previas a la cosecha (02/10/2019)

En Tabla 3 se muestra el peso y número de tubérculos comerciales y descarte de cada parcela experimental y las diferencias significativas de las medias analizadas con el Test Fisher LSD Alfa= 0,05.

Del cuadro anterior se desprende que el peso comercial de los tratamientos Control Calendario y PhytoAlert DSS no difieron significativamente entre sí, pero se observaron diferencias significativas de los mismos con el Testigo sin tratamiento químico. Esto definiría un manejo del Tizón tardío principalmente preventivo mediante el empleo del ingrediente activo mancozeb a diferentes dosis durante el ciclo de cultivo. Dada la baja y tardía incidencia de Tizón Tardío en follaje y media en tubérculos de las plantas testigo, se infiere que la diferencia entre este tratamiento y el resto se debe, en gran medida, a la infección de Tizón temprano en plantas testigo, que causó amarillamiento de follaje y defoliación, lo que evitó que las plantas continúen elaborando y translocando fotoasimilados a los tubérculos. Este concepto se constata también con el número de tubérculos registrado; si bien este componente de rendimiento en papa se define por el número de tallos por planta, las plantas testigo registraron un 50 % menos de



tubérculos y el peso promedio es similar en los tres tratamientos. Para separar los efectos de las enfermedades Tizón tardío y Tizón temprano, se debería, en un próximo ensayo, prevenir el ataque de *Alternaria* sp. Si bien la diferencia entre los tratamientos de la variable número de tubérculos no es significativa, los tratamientos Control Calendario y PhytoAlert DSS registraron un 50 % más de tubérculos que el testigo sin aplicación.

Tabla 2. Peso y número de tubérculos comerciales y descarte del Ensayo 3 - 2019 - Monte Bello. Departamento Río Chico.

Tratamiento	Peso comercial Kg	Peso descarte Kg	Número comercial	Número descarte
Testigo	2,368 a	0,420 a	15 a	11 a
Control Calendario	3,901 b	0,710 a	23,6 a	16 a
PhytoAlert DSS	4,056 b	0,453 a	23 a	11 a

LSD Fisher Alfa=0,005 DMS=1,37397

Letras diferentes en los valores de peso y número de tubérculos indican diferencias significativas

Ensayo 4 - 2019-20 - El Rodeo. Departamento Tafí del Valle y Ensayo 5 - 2019-20 - La Angostura. Departamento Tafí del Valle.

En la campaña 2019-20 en la zona de Tafí del Valle, se registraron períodos con condiciones propicias para el desarrollo del tizón que fueron seguidos por períodos de altas temperaturas y descenso de la humedad que limitaron el avance de la enfermedad en los cultivos. Aun así, se observó un menor rendimiento en las parcelas testigos de los dos lotes evaluados en los que se registró un porcentaje de tizón en hoja del 38 y 45% en promedio en los lotes de El Rodeo y La Angostura respectivamente.

Se detalla en Tabla 4 el análisis realizado en base al el peso y número de tubérculos comerciales y descarte de cada parcela experimental y las diferencias significativas de las medias analizadas con el Test Fisher LSD Alfa= 0,05, para el lote El Rodeo evaluados. De esta tabla se desprende que el peso comercial de los tratamientos Control Calendario Calendario y PhytoAlert DSS no



difieron entre sí, pero si hubo una diferencia significativa de los mismos con el Testigo sin aplicaciones químicas. Para el tratamiento PhytoAlert DSS, las aplicaciones recomendadas para el control del tizón fueron realizadas con fungicidas preventivos (mancozeb) a diferencia de la estrategia de Control Calendario, que requirió más aplicaciones totales y con diferentes principios activos (TablaX). Respecto del número de tubérculos registrado (definida por el número de tallos por planta), las plantas del tratamiento PhytoAlert DSS registraron valores absolutos mayores, sin que esta diferencia fuese estadísticamente significativa. En cuanto al descarte, no hubo diferencias significativas entre los tratamientos.

En la Tabla 4 se muestra el peso y número de tubérculos comerciales y descarte de cada parcela experimental y las diferencias significativas de las medias analizadas con el Test Fisher LSD Alfa= 0,05 para el ensayo de La Angostura.

En la mencionada Tabla 4, se puede observar que, a diferencia del ensayo en El Rodeo, el peso comercial de los tratamientos Control Calendario (C), PhytoAlert DSS (PA) y Testigo (T) no difieren significativamente entre sí estadísticamente. Aun así, al observar los valores absolutos en el peso comercial, el Testigo registra un menor rendimiento respecto de los tratamientos C y PA (20 y 30% respectivamente). Habría que analizar el impacto económico de esta diferencia en rendimiento en los ingresos del productor. Al analizar el descarte, se observan diferencias significativas en la parcela testigo respecto de los tratamientos C y PA. Si bien en el descarte se observaron tubérculos con pudrición debidas al tizón al momento de la cosecha del ensayo en el T, también las diferencias significativas en la variable descarten pueden ser atribuidas a un ataque de gusano arroz (*Phyrdenus muriceus*) hacia el final del cultivo en la parcela testigo.



Tabla 3. Peso y número de tubérculos comerciales y número descarte del Ensayo 4 - 2019-20
- El Rodeo. Departamento Tafí del Valle.

Tratamiento	Peso comercial		Peso descarte		Número descarte	
	Kg		Kg			
Testigo	2,93	a	0,467	a	13,3	a
Control Calendario	4,35	ab	0	a	0	a
PhytoAlert DSS	5,33	c	0	a	0	a

LSD Fisher Alfa=0,005 DMS=1,37397

Letras diferentes en los valores de peso y número de tubérculos indican diferencias significativas

Tabla 4. Peso y número de tubérculos comerciales y descarte. Ensayo 5 - 2019-20 - La Angostura. Departamento Tafí del Valle.

Tratamiento	Peso comercial		Peso descarte		Número comercial		Número descarte	
	Kg		Kg					
Testigo	2,7667	a	2,617	a	9,33	a	3,33	a
Control Calendario	3,4333	a	0	b	10	a	0	a
PhytoAlert DSS	3,9333	a	0	b	6,33	a	0	a

LSD Fisher Alfa=0,005 DMS=1,37397

Letras diferentes en los valores de peso y número de tubérculos indican diferencias significativas

Ensayo 6 - 2020-21 - La Angostura. Departamento Tafí del Valle.

En las parcelas sin aplicaciones químicas la evolución de la enfermedad se presentó muy sostenida y severa hasta alcanzar la afectación de los cultivos con valores promedio valores promedio del 90% para cv. Atlantic y 95% para cv. Spunta al final del ciclo. Por su parte PhytoAlert DSS registró al final del ciclo una severidad del 30% en cv. Atlantic y 35% en cv. Spunta. Finalmente, el Control Calendario mostró una severidad del 40% y 45% en cv. Atlantic y cv. Spunta respectivamente. Estos porcentajes observados obedecen a una alta presión de la enfermedad, en particular hacia el final del ciclo del cultivo. A partir del día 55 post-emergencia, los tratamientos Control Calendario y PhytoAlert DSS superaron al testigo sin tratar, reduciendo los síntomas de la enfermedad en el campo. Entre los días 67 y 74 posteriores a la emergencia el testigo sin



pulverizar alcanzaba los máximos niveles de infección. Las diferencias en los registros de severidad del Testigo con los tratamientos Control Calendario y PhytoAlert DSS se reflejaron en diferencias significativas en el AUPDC y en el rendimiento tras el análisis de ANOVA (Tablas 5 y 6). No se registraron diferencias significativas para la variable rendimiento entre los tratamientos Control Calendario y PhytoAlert DSS, pero existen diferencias en valores absolutos siendo PhytoAlert DSS el que más rindió.

Tabla 5. Registros del porcentaje de tizón foliar medido en 6 lecturas realizadas en post-emergencia en la variedad Atlantic. Medida de la efectividad de los tratamientos evaluados para controlar el tizón tardío de la papa, representado por el AUDPC¹.

Tratamiento	Atlantic						AUDPC *
	Días post emergencia						
	41	48	55	62	68	74	
Testigo R I	3	10	15	30	75	85	683
Testigo R II	2	10	20	32	78	90	728
Testigo R III	5	6	15	30	70	87	667
Testigo R IV	3	10	18	35	80	92	747
C. Calendario R I	0	0	2	4	20	40	201
C. Calendario R II	0	0	7	25	35	40	337
C. Calendario R III	0	0	3	15	30	35	258
C. Calendario R IV	0	0	5	15	20	32	226
PhytoAlert DSS R I	0	0	1	5	15	30	156
PhytoAlert DSS R II	0	0	5	7	20	30	192
PhytoAlert DSS R III	0	0	5	15	25	35	250
PhytoAlert DSS R IV	0	0	3	8	25	30	203,5

¹ AUDPC: Área bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad

* Letras diferentes en los valores medios de AUDPC indican diferencias significativas ($p > 0,005$).



Tabla 6. Registros del porcentaje de tizón foliar medido en 6 lecturas realizadas en post-emergencia en la variedad Spunta. Medida de la efectividad de los tratamientos evaluados para controlar el tizón tardío de la papa, representado por el AUDPC¹.

Tratamiento	Spunta						AUDPC *
	Días post emergencia						
	41	48	55	62	68	74	
Testigo R I	3	10	15	35	80	90	730,5
Testigo R II	2	10	20	37	83	95	775,5
Testigo R III	5	6	15	35	75	92	714,5
Testigo R IV	3	10	18	40	85	97	794,5
C. Calendario R I	0	0	5	9	25	45	259
C. Calendario R II	0	0	10	30	40	45	395
C. Calendario R III	0	0	3	20	35	40	305,5
C. Calendario R IV	0	0	5	20	25	37	273,5
PhytoAlert DSS R I	0	0	3	10	20	35	210,5
PhytoAlert DSS R II	0	0	7	12	25	35	246,5
PhytoAlert DSS R III	0	0	7	20	30	40	304,5
PhytoAlert DSS R IV	0	0	3	13	30	35	251

¹ AUDPC: Área bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad

* Letras diferentes en los valores medios de AUDPC indican diferencias significativas ($p > 0,005$).

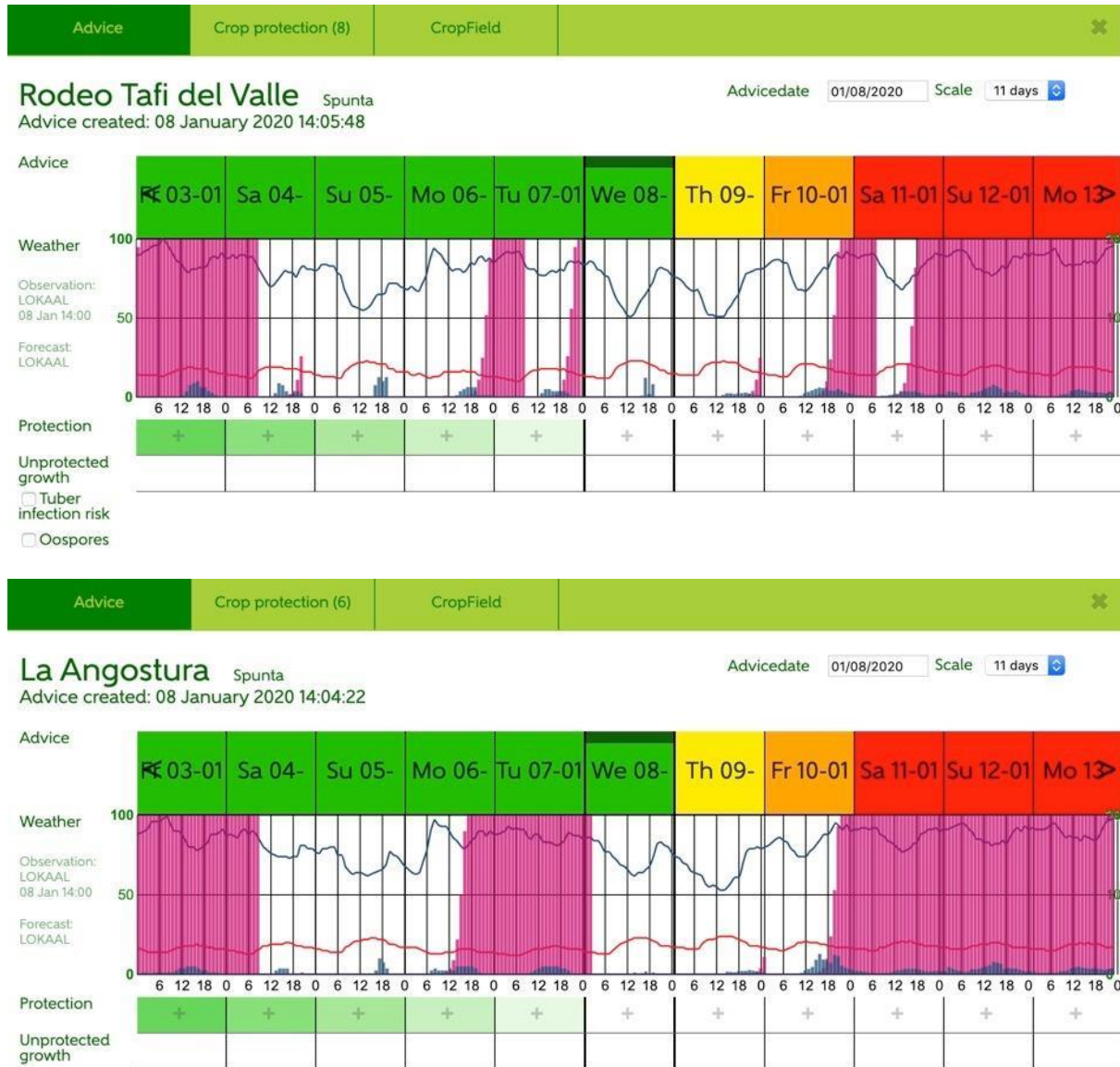


Figura 1. Ejemplo de salidas gráficas de PhytoAlert DSS de los Ensayos 5 y 6 localizados en Taquí del Valle en la campaña 2019-20.

Detalle de la figura: las líneas azules muestran la humedad relativa, las líneas rojas, la temperatura, las barras azules la lluvia/riego y las barras rosas el riesgo de tizón. En la barra de las fechas, el color verde indica que no es necesario realizar una aplicación de fungicidas, el color amarillo sugiere la aplicación de un fungicida de acción preventiva, el color naranja recomienda la aplicación de un fungicida curativo y en color rojo indica que se deben emplear fungicidas con acción erradicante para poder controlar la enfermedad.



Analizamos en forma conjunta los 6 ensayos de validación de PhytoAlert DSS con respecto a su eficacia de control en comparación con estrategia de Control Calendario tradicional en el cultivo. En la Tabla 7 se proporciona una evaluación resumida el impacto económico y ambiental de ambas estrategias. Los días propicios para el desarrollo del tizón tardío variaron entre zonas geográficas y temporadas de cultivo. En los departamentos de Río Chico y Famaillá la presión de la enfermedad fue baja (temporadas 2018 y 2019). Contrariamente, en el Departamento de Tafí del Valle las condiciones fueron más propicias para el tizón, observándose una presión media en la campaña 2019-20 y una alta presión durante 2020-21. En esta última campaña las parcelas sin aplicaciones químicas alcanzaron al final del ciclo una afectación de los cultivos en torno al 90% y 95% para las variedades Atlantic y Spunta respectivamente.

PhytoAlert DSS logró el mismo nivel de control del tizón tardío que el Control Calendario, pero con menos aplicaciones de fungicidas durante el ciclo de cultivo en todos los años evaluados y, por lo tanto, en la cantidad de ingredientes activos aplicados por unidad de área. El porcentaje de reducción aplicaciones químicas rondó entre 25 al 66,67%, según la presión de la enfermedad que se presentó en cada campaña. Esto condujo a menores costos de producción. Considerando los costos de fungicidas (producto y costo de aplicación) se redujeron entre un 29,11 al 68,35% al comparar PhytoAlert DSS con la estrategia de Control Calendario.

Al analizar Cociente de Impacto Ambiental a la dosis utilizada en el campo o EIQ-FUR, PhytoAlert DSS mostró reducciones de 22,06 al 70% sin que ello tuviese un efecto negativo sobre el rendimiento. Los puntajes EIQ más bajos de PhytoAlert DSS se debieron principalmente a la reducción en el uso de fungicidas y al uso de fungicidas con un menor impacto ambiental, que fueron aplicados principalmente en forma preventiva en los cultivos.

En promedio, las parcelas experimentales mostraron que PhytoAlert DSS permitió reducir (en todas las campañas y ubicaciones) el número de aplicaciones en un 46,67 %, logró un mayor ahorro económico del 54,43% y una reducción del impacto ambiental del 45,99%.



Tabla 7. Resumen del impacto económico y medioambiental de las estrategias de PhytoAlert DSS y el Control Calendario en la producción de papa durante cuatro temporadas de cultivo desde 2018 a 2020/21 en dos regiones productoras de papa de la Provincia de Tucumán (zona de producción de papa consumo y de semilla).

	Ubicación ensayo	Campaña de cultivo	Presión de la enfermedad	Número de aplicaciones	EIQ- FUR*	Costo de fungicidas USD/ha
PhytoAlert DSS	La Tipa. Dpto Río Chico.	2018	Baja	2	82,6	60,99
	Famaillá. Dpto Famaillá.	2018	Baja	2	74,8	59,51
	Monte Bello. Dpto Río Chico.	2019	Baja	3	120,7	91,63
	El Rodeo. Dpto Tafí del Valle.	2019-20	Media-baja	4	124,3	108,8
	La Angostura. Dpto Tafí del Valle.	2019-20	Media-alta	6	208,3	171,56
	La Angostura. Dpto Tafí del Valle.	2020-21	Alta	7	285,9	213,61
	Promedio				4	149,43
Control calendario	La Tipa. Dpto Río Chico.	2018	Baja	6	275,4	192,72
	Famaillá. Dpto Famaillá.	2018	Baja	6	210,6	171,09
	Monte Bello. Dpto Río Chico.	2019	Baja	6	212,5	225,21
	El Rodeo. Dpto Tafí del Valle.	2019-20	Media-baja	7	269,8	206,64
	La Angostura. Dpto Tafí del Valle.	2019-20	Media-alta	8	324,9	242,01
	La Angostura. Dpto Tafí del Valle.	2020-21	Alta	12	366,8	511,74
	Promedio				7,5	276,67

*Cociente de Impacto Ambiental a la dosis utilizada en el campo o EIQ-FUR (por sus siglas en *Environmental Impact Quotient- Field Use Rate*)



Red de alertas de tizón enviada a productores 2021 y 2021-22

Se detallan dos grupos de productores formados en las campañas 2021 y 2021-22 en dos zonas de producción de Tucumán, como ejemplo de la implementación de la herramienta PhytoAlert DSS por parte de los productores.

Grupo 1: Río Chico - PhytoAlert 2021

Usuarios el chat: 18

Alertas enviadas en el ciclo: 201

Campos incluidos en el servicio:

El Rincón, Ramón Mercado: -27° 22.786', -65° 42.055'

El Monte, Antonio Svaldi: -27° 24'51.0", -65° 42'59.8"

El Monte, Finca García: -27° 25.814', -65° 42.335'

La Tipa, Mauricio Preliz: -27° 22'57.1", -65° 43'34.6"

La Calera, Gabriel Córdoba: -27° 21'59.82", -65° 40'46.9"

La Calera Alberdi, Rodolfo Amud: -27° 36.819', -65° 42.115'

Campo de Antonio_Ando: -27° 24'11.5", -65° 42'56.3"

Inicio servicio PhytoAlert: junio 2021

Fin servicio PhytoAlert: noviembre 2021

Grupo 2: Tafí del Valle – PhytoAlert en Semilla

Usuarios el chat: 13

Alertas enviadas en el ciclo: 216

Campos incluidos en el servicio:

Romero – Tafí: -26° 52.617', -65° 45.141'

Ricardo Cabello: -27° 50.833', -65° 51.594'

María Gil: -27° 37'59.8", -66° 02'43.8"

Gabriel Córdoba: -26° 52'15.1", -65° 41'46.7"

Campo Las Estancias_Catamarca: -27° 34'26.8", -66° 02'57.3"

Antonio Svaldi_Semilla: -27° 35'45.6", -66° 02'08.8"

Inicio servicio PhytoAlert: octubre 2021

Fin servicio PhytoAlert: marzo 2022

Los productores de papa de dos zonas de producción con condiciones agroecológicas diferentes i) Pedemonte y ii) Tafí del Valle, lograron incorporar en forma exitosa la herramienta de PhytoAlert DSS para la toma de decisiones en sus cultivos respecto del control del tizón tardío. Aquí se muestra a modo de ejemplo la experiencia en las campañas 2021 y 2021-22.

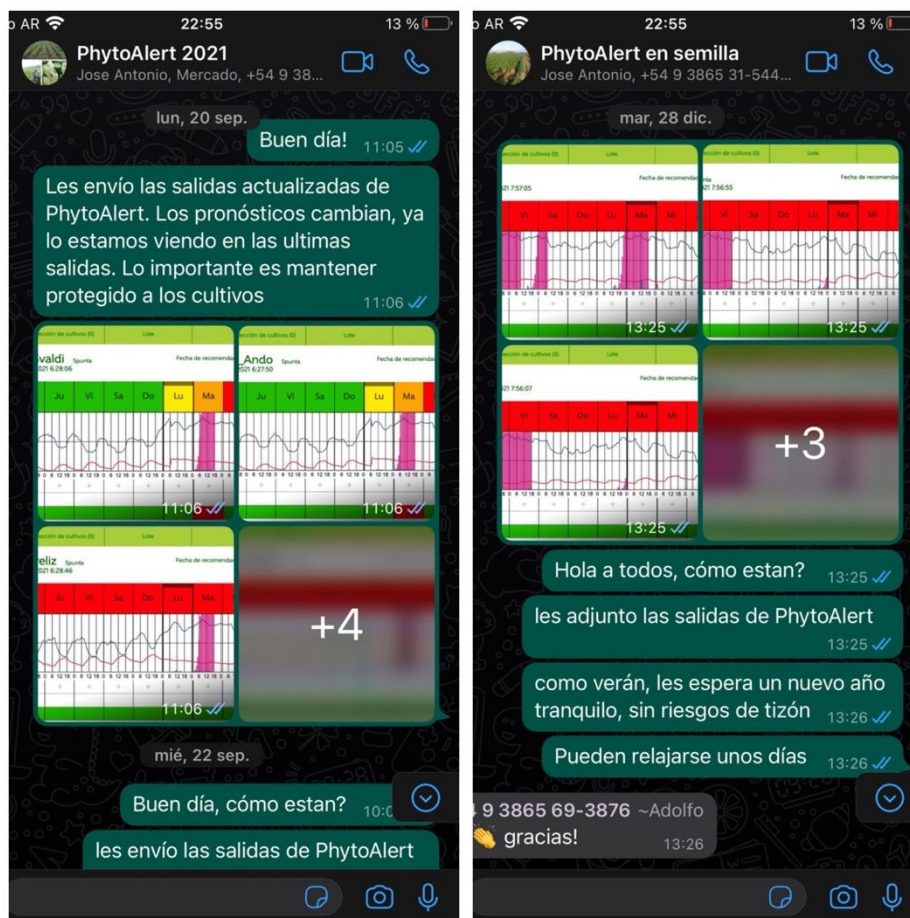


Figura 2. Implementación práctica de PhytoAlert DSS con productores de la provincia de Tucumán (beneficiarios directos del Proyecto). Ejemplo de red de alertas de tizón enviada a productores de papa consumo (Primicia) y papa semilla (Tafí del Valle).



Aquí se presentan los resultados de campañas 2021 y 2021-22 de beneficiarios directos del Proyecto como ejemplo de la dinámica implementada desde hace 4 campañas en la región. Las decisiones guiadas por PhytoAlert DSS condujeron a menores costos de producción e impactos ambientales, manteniendo niveles adecuados de protección de cultivos y rendimientos de cultivos. Las reducciones en el EIQ-FUR, en los costos de control del tizón y en el número de aplicaciones de fungicidas fueron en promedio de 60%, 35% y del 38% respectivamente para Tafí del Valle y de 69%, 79% y 69% respectivamente para la zona de Pedemonte (papa primicia) (Gráfico 1).

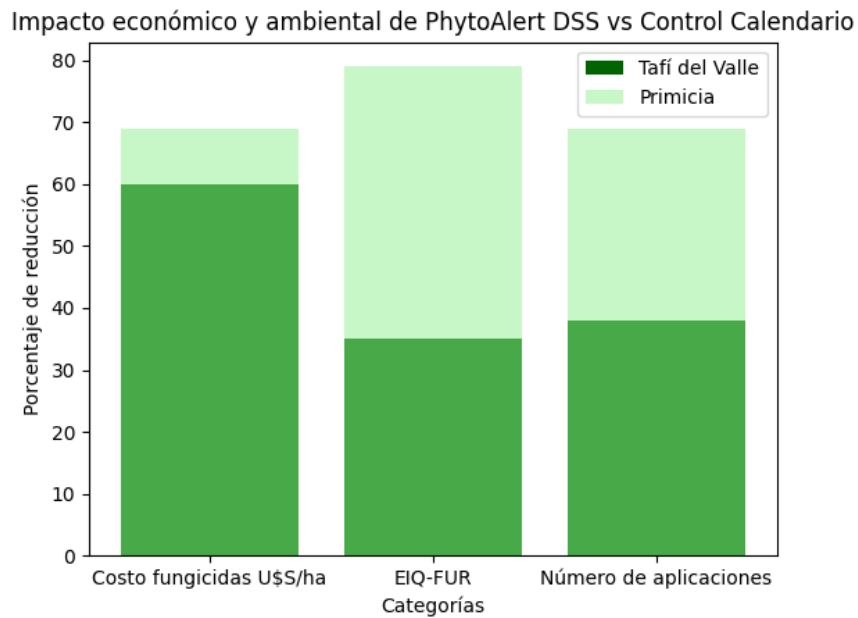


Gráfico 1. Reducciones promedio del impacto ambiental y económico de PhytoAlert DSS vs Control Calendario en dos zonas de producción de Tucumán en las campañas 2021 (Primicia - papa consumo) y 2021/22 (Tafí del Valle - papa semilla).

Detalle de la figura: Cociente de Impacto Ambiental a la dosis de fungicidas utilizada en el campo ó EIQ-FUR (por sus siglas en *Environmental Impact Quotient- Field Use Rate*), Costo de fungicidas expresado en U\$D/ha y número de aplicaciones de fungicidas.



Discusión

La incorporación de PhytoAlert DSS en los sistemas integrados de gestión de cultivos existentes puede conducir a una mejor gestión del tizón tardío en dos zonas de producción con condiciones agroecológicas diferentes. El programa de aplicación de fungicidas basado en el Control Calendario es una práctica común para el control del tizón, con aplicaciones cada 7 a 10 días. PhytoAlert DSS busca evitar las aplicaciones químicas innecesarias en períodos donde no hay riesgo de tizón. Los valores de reducción en el impacto ambiental, económico y del número de aplicaciones fueron mayores en la zona de Pedemontana. Esta zona de producción está caracterizada por lotes de papa ubicados en el monte con una superficie de papa de aproximadamente 500 has, sistematizada por riego y con una plantación principalmente concentrada a mediados de junio. La presión de la enfermedad durante el ciclo de cultivo es menor de la que se observa en Tafí del Valle. Implementar en la zona de Pedemontana un esquema Calendario de aplicaciones semanales fijas no es eficiente, ya que se realizan muchas aplicaciones innecesarias. En este contexto, PhytoAlert DSS genera un esquema de aplicaciones de fungicidas dinámicos que coinciden con los períodos de alto riesgo para evitar aplicaciones innecesarias, brindando un esquema óptimo para el control de la enfermedad. Así se pudo mejorar la sincronización y la eficacia de las aplicaciones, con la consiguiente reducción de los costos de producción y los impactos ambientales. Por el contrario, en Tafí del Valle, donde solo se cultiva semilla de papa, el clima de tipo monzónico durante el período de crecimiento presenta un mayor número de días propicios para el tizón tardío. Aquí PhytoAlert DSS busca conducir a una mejor gestión del tizón tardío al contribuir a la selección de los fungicidas más adecuados y mediante la optimización de los tiempos de aplicación. Los resultados indican que hubo una marcada mejora en el manejo del tizón tardío al usar PhytoAlert DSS en lugar de la estrategia basada en el calendario en las condiciones agroecológicas del sureste de la Provincia de Buenos Aires.

La integración de consejos sobre cuándo fumigar los cultivos de papa junto con una lista de fungicidas con información de su impacto ambiental sería una forma efectiva de mejorar las



decisiones de los productores no solo en términos de control de la enfermedad, sino también en términos de los efectos secundarios de los fungicidas en la salud humana y ambiente. Si bien estos impactos podrían reducirse mediante una selección informada de fungicidas, tales decisiones dependerán en última instancia de la priorización de intereses económicos o ambientales dentro del sistema de producción, además de la disponibilidad de fungicidas apropiados en el mercado durante períodos críticos para el desarrollo del tizón tardío.

Adicionalmente al uso de PhytoAlert DSS para el manejo del tizón tardío, los productores pudieron utilizar las salidas de PhytoAlert DSS para el manejo de las heladas en Pedemontana. Aquí, las siembras tempranas, de mayo y junio, suelen verse impactadas por el fenómeno de heladas. Los productores más golpeados de la zona fueron aquellos cuyos lotes que no estaban bien regados o en los cuales se había movido suelo. Las salidas gráficas de PhytoAlert DSS incluyen información de la temperatura, la humedad relativa, las lluvias y el riesgo de tizón (se incluyen registros meteorológicos y pronóstico en las salidas). Los productores tomaron esta información de referencia para ajustar los riegos de forma de llegar a los momentos de riesgo de heladas con adecuada humedad en los suelos y minimizar el impacto de las mismas.



Conclusiones

Se pudo validar el funcionamiento PhytoAlert DSS para el control del tizón tardío de la papa en la provincia de Tucumán. Los productores de papa de dos áreas con condiciones agroecológicas diferentes lograron incorporar en forma exitosa la herramienta de PhytoAlert DSS para la toma de decisiones en sus cultivos. Los resultados indicaron que hubo una mejora notable en el manejo del tizón tardío con PhytoAlert DSS en comparación con el programa basado en el Control Calendario. PhytoAlert DSS condujo a una reducción en la cantidad de aplicaciones de fungicidas y, por lo tanto, en la cantidad de ingredientes activos aplicados por unidad de área. Esto se tradujo en menores costos de producción e impactos ambientales, mientras que se mantuvieron niveles adecuados de protección de cultivos y rendimientos de cultivos. Por lo tanto, demostramos que la incorporación de PhytoAlert DSS en los sistemas de manejo integrado de cultivos existentes puede conducir a un mejor manejo del tizón tardío en dos zonas con condiciones agroecológicas diferentes de la provincia de Tucumán.



Referencias Bibliográficas

- Beaumont, P. (1993). "Pesticides, polices and people". *Pesticides Trust*, London, 211pp.
- Faostat (2019) [en línea] < <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC> > [consulta: febrero 2022].
- Fry, W. E. 1977. Integrated control of potato late blight—Effects of polygenic resistance and techniques of timing fungicide applications. *Phytopathology* 67:415-420.
- Garbers, R. (2003). "La U.T.A. costo y su variación cronológica". *Federación Argentina de Contratistas de Maquinaria Agrícola*. Disponible en: <http://facma.com.ar/PDF/Biblioteca/UTA%20Su%20Variacion%20Cronologica.PDF> [acceso febrero 2022].
- González, J. and Rodríguez, E. M. (2011). Limitantes para la implementación de Buenas Prácticas Agrícolas en la producción de papa en Argentina. *Agroalimentaria*, 17(33), 63-84.
- Haverkort, A. J., Boonekamp, P. M., Hutten, R. Jacobsen, E., Lotz, L. A. P., Kessel, G. J. T., Vossen, J. H. and Visser, R. G. F. (2016). "Durable Late Blight Resistance in Potato Through Dynamic Varieties Obtained by Cisgenesis: Scientific and Societal Advances in the DuRPh Project". *Potato Research* 59: 35–66.
- Jeger, M.J., and S.L.H.Viljanen-Rollinson. (2001). The use of the area under the disease-progress curve (AUDPC) to assess quantitative disease resistance in crop cultivars. *TAG Theoretical and Applied Genetics* 102:32-40.
- Kessel, G., Huarte, M., Lucca, F., Santini, M., Rijzebol, C., Raatjes, P., Rovers, J., Den Boer, J. and Schepers, H. (2010). "Opportunities for Potato Late blight DSS's in Argentina". H.T.A.M. Schepers (editor). *PPO-Special Report* no. 14, 75-78.
- Kovach, J., C. Petzoldt, J. Degni, and J. Tette. (1992). "A Method to Measure the Environmental Impact of Pesticides". *IPM Program, Cornell University, N Y State Agricultural Experiment Station Geneva, N Y*. Number 139, 8 pages. Disponible en: <http://www.nysipm.cornell.edu/publications/eiq/> acceso febrero, 2022.
- Levitan, L. (2000). "How to" and "Why": assesing the enviro-social impacts of pesticides". *Crop Protection*, 19:8, 629-636.
- Levitan, L., Mervin, I. and Kovach, J. (1995). "Assessing the relative environmental impacts of agricultural pesticides: the quest for a holistic method". *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 55:3, 153-168
- Pretty, J. and Hine, R. (2005). "Pesticide use and the environment", En J. Pretty (editor). *The pesticide detox: towards a more sustainable agriculture*. 1-22.

Secretaría Técnica Administrativa



Con el apoyo de:



www.fontagro.org

Correo electrónico: fontagro@fontagro.org