



**ALERTA TEMPRANA PARA EL MANEJO DEL TIZÓN TARDIO DE LA PAPA. ATN/RF 16678 RG**

**PRODUCTO # 7. SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA DE TIZÓN TARDÍO EN ECUADOR**

**Fausto Yumisaca; Victoria López; Diego Peñaherrera; José Camacho; Cristina Tello**

**2023**



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 Cristina Tello Torres

Esta publicación puede solicitarse a:

**FONTAGRO**

Correo electrónico: [fontagro@fontagro.org](mailto:fontagro@fontagro.org)

[www.fontagro.org](http://www.fontagro.org)



# Tabla de Contenidos

|   |    |
|---|----|
| <b>Abstract</b> .....                   | 5  |
| <b>Resumen Ejecutivo</b> .....          | 6  |
| <b>Introducción</b> .....               | 7  |
| <b>Objetivos</b> .....                  | 9  |
| Objetivo General .....                  | 9  |
| Objetivos Específicos.....              | 9  |
| <b>Metodología</b> .....                | 10 |
| <b>Resultados</b> .....                 | 12 |
| Severidad de TTP .....                  | 12 |
| Rendimiento .....                       | 13 |
| Impacto ambiental .....                 | 14 |
| <b>Discusión</b> .....                  | 17 |
| <b>Conclusiones</b> .....               | 17 |
| <b>Referencias Bibliográficas</b> ..... | 18 |
| <b>Anexos</b> .....                     | 20 |

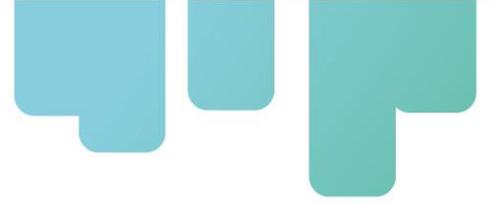


## ÍNDICE CUADROS

|   |                                     |
|---|-------------------------------------|
| Cuadro 1. Descripción de las características geográficas y agroclimáticas donde se implementaron la parcela de difusión. Ecuador, 2019 - 2022 .....       | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Cuadro 2. Área bajo la curva del progreso de la enfermedad TTP en la difusión del SAD, variedad Superchola, en Ecuador, 2019 - 2020 .....                 | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Cuadro 3. Área bajo la curva del progreso de la enfermedad TTP en la validación del SAD, variedad Superchola/Libertad, en Ecuador, 2022.....              | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Cuadro 4. Promedios de Rendimiento total (t/ha) en la evaluación del SAD, variedad Superchola, en Ecuador, 2019 - 2020 .....                              | 14                                  |
| Cuadro 5. Promedios de Rendimiento total (t/ha) en la evaluación del SAD, variedades Superchola/Libertad, en Ecuador, 2022 .....                          | 14                                  |
| Cuadro 6. Tasa de impacto ambiental en la evaluación del SAD, variedad Superchola, en Ecuador, 2019 - 2020.....   | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Cuadro 7. Tasa de impacto ambiental en la evaluación del SAD, variedad Superchola/Libertad, en Ecuador, 2022.....   | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Cuadro 8. Porcentajes de reducción de impacto ambiental y costos de aplicación de fungicidas al utilizar la herramienta SAD en Ecuador, 2019 - 2022 ..... | 16                                  |

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

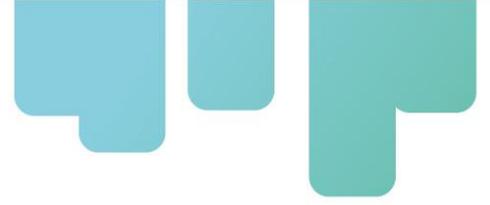
|   |                                     |
|---|-------------------------------------|
| Gráfico 1. Área bajo la curva del progreso de la enfermedad TTP en la validación del SAD, variedad Superchola/Libertad, en Ecuador, 2019 - 2022 ..... | 13                                  |
| Gráfico 2. Tasa de impacto ambiental en la evaluación del SAD, Ecuador, 2019 - 2022.....  | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |



## Abstract

Potato (*Solanum tuberosum* L.) is one of the most important crops for the food security of many families in Ecuador. One of the most important biotic factors that affect this crop is the disease known as late blight, caused by the oomycete *Phytophthora infestans* (Mont.) of Bary, affects this crop in conditions of high humidity and warm days; late blight produces losses of up to 100% if timely management is not carried out. In Ecuador, the control is based on the use of fungicides, however, the application of these products is carried out in an inadequate way, active ingredients are overdosed, fungicides are not rotated, successive periodic applications are made. In order to carry out a more sustainable management of the disease, a tool called Decision Support System (DSS) was generated, which integrates climatic conditions, crop susceptibility, characteristics and frequency of fungicide application, to guide farmers to make an adequate decision for the chemical control of late blight. The present work evaluated the DSS in farmers' fields from different areas of the Ecuadorian Sierra. The results obtained indicate that DSS controlled the disease with the same efficiency as the farmers' conventional strategy, both systems also showed similar yield. But, with the DSS there were fewer fungicide applications; therefore, the DSS had a lower rate of environmental impact.

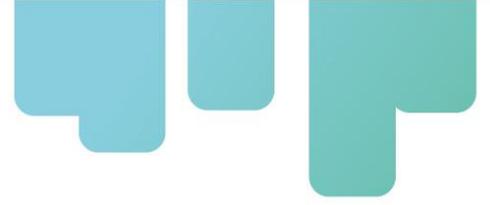
**Keywords:** chemical control, strategy, environmental impact



## Resumen Ejecutivo

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es uno de los cultivos más importante para la seguridad alimentaria de muchas familias en el Ecuador. Uno de los factores bióticos más importantes que afectan a este cultivo es la enfermedad conocida como tizón tardío o lancha (TTP), la cual es causada por el oomicete *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, afecta este cultivo en condiciones de alta humedad relativa y temperaturas entre de 15° a 21°C, llegando a producir pérdidas hasta del 100% si no se realiza un manejo oportuno. En el Ecuador, el control se basa en la utilización de fungicidas, sin embargo, la aplicación de estos productos se realiza de una forma inadecuada, en muchas ocasiones se sobre dosifican ingredientes activos, no se hace rotación de fungicidas, se realizan aplicaciones calendario sucesivas sin considerar la resistencia genética de las diferentes variedades. Para realizar un manejo más sostenible de la enfermedad, se generó una herramienta denominada Sistema de Apoyo a la Toma de Decisiones (SAD), la cual integra información de las condiciones climáticas, susceptibilidad del cultivo, características y frecuencia de aplicación de fungicidas, para orientar a los agricultores a tomar una adecuada decisión para el control químico del TTP. El presente trabajo evaluó el SAD en campos de agricultores de diferentes zonas de la Sierra Ecuatoriana. Los resultados obtenidos indican que el SAD controló la enfermedad con igual eficacia que la estrategia convencional de los agricultores. Ambos sistemas también mostraron similar rendimiento. En cambio, con el SAD hubo menor número de aplicaciones de fungicidas; por lo tanto, el SAD tuvo menor tasa de impacto ambiental.

**Palabras Clave:** control químico, estrategia, impacto ambiental



## Introducción

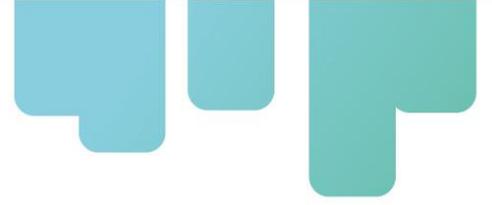
La producción del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) se ve afectada por varios factores bióticos y abióticos. Entre los problemas bióticos, el Tizón tardío o Lancha causado por el oomiceto *Phytophthora infestans*, es la enfermedad más importante y grave de la papa en muchos países del mundo, las pérdidas ocasionadas por este patógeno van del 11-16% de la producción mundial lo que se puede traducir en pérdidas de alrededor de 4 millones de hectáreas cultivadas y 3 billones de dólares (Cucak et al., 2021); (Kassaw et al., 2021).

En Ecuador se produce 275 000 t/año de papa, siendo el tercer cultivo transitorio más importante del país y el octavo rubro con mayor producción. Según (INEC, 2021) en 2019 se sembraron más de 20 000 hectáreas de papa, sin embargo debido a la afectación de los cultivos, principalmente con *P. infestans*, alrededor de 1000 hectáreas se perdieron, mermando la producción y economía de los agricultores (Monteros & Delgado, 2021).

Variedades de papa, susceptibles y tardías (Superchola y Capiro), dominan el panorama productivo. La aspersión de fungicidas de contacto y en menor grado sistémicos es la estrategia actual que aplican los productores para controlar el TTP en todas las zonas productoras. El alto costo de producción, el constante riesgo de pérdidas y la falta de conocimiento de los agricultores incrementan su inseguridad por lo cual realizan un control químico intensivo (independientemente de la variedad cultivada) deteriorando su salud, la de su familia y el medio ambiente. El CIP y el INIAP diseñaron varias estrategias de manejo del TTP con el conocimiento generado los últimos años, (Pérez et al., 2015).

Estas estrategias de control del TTP incluyen la rotación de fungicidas y el uso de un Sistema de Apoyo a la Decisión (SAD) desarrollado por el CIP – Perú, el cual ha sido evaluado en experimentos en diferentes ambientes, para adaptarlo a las condiciones de Ecuador; el SAD relaciona tres elementos importantes en el desarrollo de la epidemia: la resistencia genética del cultivar, el factor climático y el intervalo de aplicación de fungicidas; al relacionar estos tres parámetros, este sistema guía al agricultor en la decisión de cuándo aplicar y qué tipo de fungicida (sistémico o de contacto), haciendo un control más eficiente y favoreciendo a la optimización de recursos, (INIAP & CIP, 2014).

En el proceso de adaptación del SAD a las condiciones agroclimáticas del Ecuador y a las variedades locales de papa, se han obtenido resultados importantes en los que se ha demostrado que la estrategia de rotación de fungicidas más el SAD tiene similar eficacia de control del TTP



que la estrategia utilizada por el agricultor; sin embargo, se obtuvo una ganancia al usar el SAD ya que se determinaron valores más bajos de impacto ambiental (IA), (Taípe et al., 2015; Inca, 2015; Yépez, 2016; Muisín, 2016).

El criterio SAD establece tres diferentes herramientas, cada herramienta será usada de acuerdo al nivel de susceptibilidad al TTP de la variedad sembrada, la herramienta verde es para las variedades con alto nivel de resistencia al TTP (escala de susceptibilidad 0, 1, 2), amarillo para las variedades con nivel de resistencia intermedio (escala de susceptibilidad 3, 4, 5) y rojo para las variedades susceptibles (escala de susceptibilidad 6, 7, 8, 9, 10). Este primer nivel representa el cultivar estudiado o la respectiva variedad sembrada (dentro del triángulo de desarrollo de una enfermedad con el hospedante), lo cual indica la herramienta adecuada para utilizar de acuerdo a la resistencia genética del cultivar (Kromann et al., 2014).



## Objetivos

### Objetivo General

Implementar parcelas experimentales y demostrativas del uso del SAD para control del Tizón tardío o Lancha en papa (TTP) con organizaciones de la agricultura familiar campesina, beneficiarias del proyecto FONTAGRO ATN/RF 16678 RG Alerta temprana Tizón tardío de la papa.

### Objetivos Específicos

Determinar la eficacia del Sistema de apoyo a la decisión para manejar el Tizón tardío frente al manejo convencional de los agricultores en las provincias de Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua y Chimborazo.

Determinar el Impacto ambiental generado al utilizar el SAD versus el impacto generado por los agricultores de papa.



## Metodología

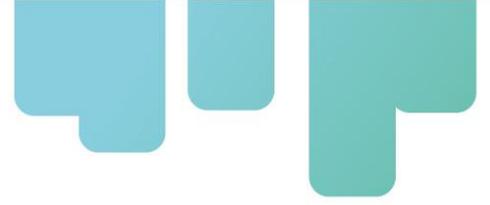
Para la evaluación de la eficacia del SAD para control del TTP, se implementaron nueve parcelas experimentales de 1500 m<sup>2</sup>, durante los ciclos del cultivo 2019 - 2022, en las provincias de Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua y Chimborazo, con diferentes organizaciones campesinas de la agricultura familiar. La ubicación y características de los sitios donde se instalaron las parcelas de evaluación, se presentan en la Cuadro 1.

**Cuadro 1. Descripción de las características geográficas y agroclimáticas donde se implementaron las parcelas de difusión. Ecuador, 2019 - 2022.**

|   | Pichincha     | Pichincha    | Cotopaxi       | Chimborazo    | Pichincha | Cotopaxi       | Tungurahua     | Tungurahua     | Chimborazo |
|---|---------------|--------------|----------------|---------------|-----------|----------------|----------------|----------------|------------|
| Provincia                               | 2019          | 2020         | 2019           | 2019          | 2022      | 2022           | 2022           | 2022           | 2022       |
| <b>Cantón</b>                           | Mejía         | Rumiñahui    | Latacunga      | Riobamba      | Quito     | Pujilí         | Tisaleo        | Ambato         | Riobamba   |
| <b>Parroquia</b>                        | Machachi      | Sangolquí    | Juan Montalvo  | Quimiag       | Lloa      | Mulaló         | Quinchicoto    | San Antonio    | Quimiag    |
| <b>Localidad</b>                        | Puichig       | Santa Isabel | Pusuchusi      | Puculpala     | Lloa      | Cuturiví Chico | El Calvario    | Quisapincha    | Puculpala  |
| <b>Altitud<sup>1</sup></b>              | 3150 msnm     | 2700 msnm    | 2975 msnm      | 3107 msnm     | 2869 msnm | 3097 msnm      | 2907 msnm      | 2993 msnm      | 3094 msnm  |
| <b>Topografía</b>                       | Pendiente 40% | Pendiente 5% | Pendiente 5%   | Pendiente 10% | 5%        | 10%            | 5%             | 5%             | 15%        |
| <b>Tipo de suelo</b>                    | Franco        | Franco       | Franco arenoso | Franco        | Franco    | Franco arenoso | Franco arenoso | Franco arenoso | Franco     |
| <b>Temperatura promedio<sup>2</sup></b> | 10°C          | 16°C         | 12°C           | 10°C          | 14°C      | 12°C           | 15°C           | 15°C           | 10°C       |
| <b>Precipitación/ciclo<sup>2</sup></b>  | 850 mm        | 530 mm       | 500 mm         | 930 mm        | 820 mm    | 980 mm         | 495 mm         | 520 mm         | 1034 mm    |

Fuente: <sup>1</sup> Datos tomados por GPS, 2019 - 2022; <sup>2</sup> Información Datalogger/pluviómetro

La unidad experimental consistió en parcelas de 64 m<sup>2</sup>, los tratamientos fueron a) Uso del SAD, b) Manejo convencional c) Testigo absoluto sin control de TTP; las variedades sembradas fueron las más representativas de cada localidad, entre estas estuvieron Superchola e I-Libertad; las parcelas se separaron con caminos de 2m de ancho, en los cuales se sembró cebada, para delimitar y facilitar la aplicación de los tratamientos. Se dispuso los experimentos en diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Las variables fueron: a) severidad del TTP, que se determinó mediante el cálculo del área bajo la curva de la enfermedad (AUDPC), por medio de lecturas semanales del porcentaje de daño por TTP en cada tratamiento; b) rendimiento total, para lo cual se pesaron los tubérculos de cada parcela neta y se expresó en t/ha; c) impacto ambiental, que se obtuvo del cálculo de la tasa de impacto ambiental (TIA), elaborada por Kovach et al., (1992), con la información toxicológica, dosis, porcentaje de ingrediente activo y número de aplicaciones.



Para el manejo de plagas y enfermedades, se aplicaron las recomendaciones del Manejo Integrado de Plagas: rotación de cultivo, sembrar en un suelo bien trabajado con anticipación, aplicar abonos de origen orgánico bien descompuestos, instalar trampas para gusano blanco, utilizar semilla de buena calidad, evitar el encharcamiento de agua en la parcela, limpieza de malezas, (Montesdeoca et al., 2012). Para el manejo de punta morada, se realizaron las recomendaciones descritas en la Guía de Manejo de la Punta Morada de la Papa (Cuesta et al., 2018).

### **Manejo Integrado del tizón tardío**

El CIP y el INIAP han identificado una estrategia de manejo integrado del tizón tardío. La implementación de esta estrategia requiere la aplicación de las siguientes recomendaciones, las mismas que se describen en la parte posterior de las herramientas SAD:

- **Iniciar el control con un fungicida sistémico:** es necesario realizar un control preventivo aplicando un fungicida sistémico (se recomienda dimetomorf) cuando se observe un 80% de emergencia de los tubérculos sembrados.
- **Rotar ingredientes activos:** aplicar cíclicamente varios ingredientes activos, tomando como referencia los fungicidas que se recomiendan en la parte posterior de SAD.
- **Uso de azoxistrobina con doble propósito y en etapas claves del cultivo:** la azoxistrobina es un fungicida efectivo en el control del tizón tardío de la papa, pero muy costoso. Por esta razón, se recomienda usarlo únicamente si se llegara a presentar otro problema fitosanitario como oidio y/o roya y generalmente se necesita una sola aplicación pasada la floración.
- **Utilizar fungicidas de bajo impacto ambiental:** dentro de la rotación de fungicidas, el uso de fosfitos nos permite reducir el impacto ambiental y evita el uso y la exposición de los productores a sustancias peligrosas como el mancozeb, sin afectar el control del tizón tardío y la productividad.
- **La aplicación de fungicidas se hará utilizando un sistema de apoyo a la decisión (SAD):** la descripción del uso del SAD de detalla en el Anexo 1.

Se cosechó cuando los tubérculos estuvieron maduros, es decir, cuando estos no estuvieron pelosos a la fricción de los dedos (Pumisacho & Velásquez, 2009). Finalmente, se realizaron capacitaciones en cada localidad a los grupos de agricultores participantes sobre el uso de SAD, manejo integrado de plagas de importancia de la papa, buenas prácticas agrícolas, manejo seguro de agroquímicos.

## Resultados

### Severidad de TTP

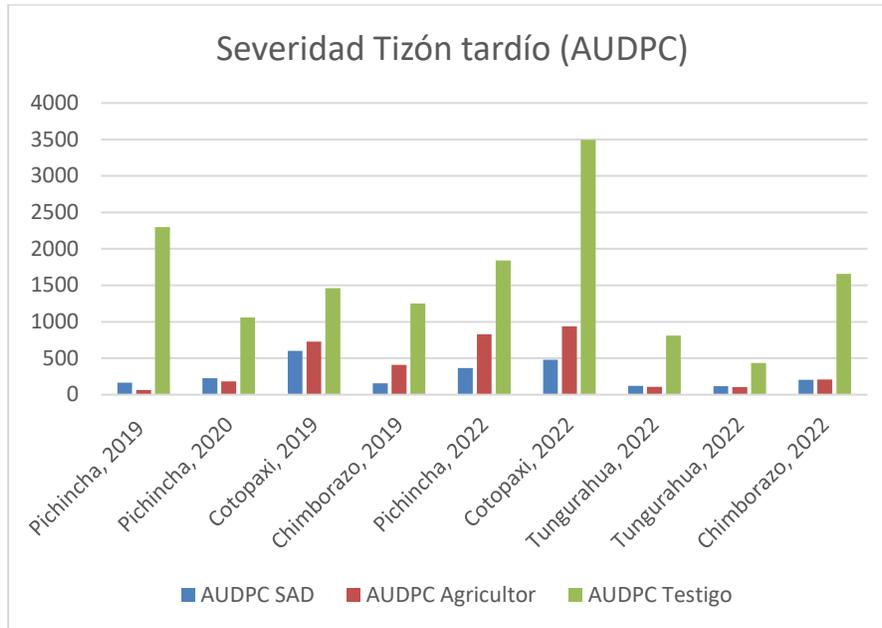
Para la severidad de TTP, en la Cuadro 2, se presentan los resultados de AUDPC del ciclo 2019 - 2020 y en la Cuadro 3 corresponden al ciclo 2022. La severidad de TTP obtenida con el manejo del SAD en los diferentes ciclos de evaluación y en las diferentes provincias, de manera general fue inferior o no presentó diferencias estadísticas que el manejo de TTP del agricultor; en todos los casos el AUDPC del testigo absoluto fue muy superior, lo que denota que las condiciones climáticas fueron idóneas para el desarrollo de la epidemia.

**Cuadro 2. Área bajo la curva del progreso de la enfermedad TTP en la difusión del SAD, variedad Superchola, en Ecuador, 2019 - 2020.**

| Provincia        | Pichincha<br>(Mejía, 2019) | Pichincha<br>(Rumiñahui, 2020) | Cotopaxi<br>(Latacunga, 2019) | Chimborazo<br>(Riobamba, 2019) |
|------------------|----------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| AUDPC SAD        | 163 b                      | 224 a                          | 599 a                         | 157 a                          |
| AUDPC Agricultor | 63 a                       | 180 a                          | 728 a                         | 407 b                          |
| AUDPC Testigo    | 2300 c                     | 1058 b                         | 1460 b                        | 1250 c                         |

**Cuadro 3. Área bajo la curva del progreso de la enfermedad TTP en la validación del SAD, variedad Superchola/Libertad, en Ecuador, 2022.**

| Provincia        | Pichincha<br>(Quito, 2022) | Cotopaxi<br>(Pujilí, 2022) | Tungurahua<br>(Tisaleo | Ambato, 2022) | Chimborazo<br>(Riobamba, 2022) |
|------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------|---------------|--------------------------------|
| Variedad papa    | Superchola                 | Superchola                 | Superchola             | Libertad      | Superchola                     |
| AUDPC SAD        | 364 a                      | 480 a                      | 119 a                  | 117 a         | 203 a                          |
| AUDPC Agricultor | 830 b                      | 935 b                      | 110 a                  | 102 a         | 207 a                          |
| AUDPC Testigo    | 1842 c                     | 3495 c                     | 809 b                  | 434 b         | 1655 b                         |



**Gráfico 1. Área bajo la curva del progreso de la enfermedad TTP en la validación del SAD, variedad Superchola/Libertad, en Ecuador, 2019 - 2022.**

En general, se observa que el manejo del TTP, utilizando el SAD es eficiente, ubicándose en los primeros rangos, al obtener los valores de AUDPC más bajos frente a los resultados obtenidos en las parcelas del manejo convencional del agricultor.

### Rendimiento

Respecto a los resultados de rendimiento, esta es una variable que se relaciona inversamente proporcional con la severidad el tizón tardío; en el primer ciclo de evaluación 2019 – 2020, Cuadro 4, se observa que en las provincias de Cotopaxi, Chimborazo y Pichincha (Rumiñahui), el manejo con el SAD obtuvo un mayor rendimiento que las parcelas con el manejo de TTP del agricultor; mientras que, en la provincia de Pichincha (Mejía) fue superior el manejo del agricultor, cabe mencionar que, los rendimientos obtenidos en los dos ciclos en la provincia de Pichincha fueron inferiores a los obtenidos en las otras localidades, debido a que se presentaron problemas de la enfermedad punta morada de la papa, que no pudieron ser controlados. En el segundo ciclo de evaluación, Cuadro 5, se obtuvieron resultados de rendimientos superiores con el uso del SAD o de la misma significancia estadística que con el manejo del agricultor.



**Cuadro 4. Promedios de Rendimiento total (t/ha) en la evaluación del SAD, variedad Superchola, en Ecuador, 2019 - 2020.**

| Provincia       | Pichincha<br>(Mejía, 2019) | Pichincha<br>(Rumiñahui, 2020) | Cotopaxi<br>(Latacunga, 2019) | Chimborazo<br>(Riobamba, 2019) |
|-----------------|----------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| SAD t/ha        | 13.7 b                     | 10.6 a                         | 21.3 a                        | 33.0 a                         |
| Agricultor t/ha | 23.7 a                     | 10.2 a                         | 9.3 b                         | 16.0 b                         |
| Testigo t/ha    | 8.0 c                      | 1.2 b                          | 2.6 c                         | 3.1 c                          |

**Cuadro 5. Promedios de Rendimiento total (t/ha) en la evaluación del SAD, variedad Superchola/Libertad, en Ecuador, 2022.**

| Provincia       | Pichincha<br>(Quito, 2022) | Cotopaxi<br>(Pujilí, 2022) | Tungurahua<br>(Tisaleo Ambato, 2022) | Chimborazo<br>(Riobamba, 2022) |            |
|-----------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|------------|
| Variedad papa   | Superchola                 | Superchola                 | Superchola                           | Libertad                       | Superchola |
| SAD t/ha        | 40.1 a                     | 21.5 a                     | 24.9 a                               | 24.3 a                         | 21.7 a     |
| Agricultor t/ha | 30.0 b                     | 11.3 b                     | 22.8 a                               | 21.0 a                         | 21.4 a     |
| Testigo t/ha    | 10.1 c                     | 3.0 c                      | 10.1 b                               | 19.8 b                         | 1.8 b      |

### Impacto ambiental

Respecto a los resultados obtenidos sobre la tasa de impacto ambiental, se determinó que, en todos los ciclos de evaluación en cada localidad, la estrategia de manejo del TTP utilizando el SAD, presentó el menor impacto ambiental, respecto al manejo del agricultor. En promedio, en el primer ciclo de evaluación (2019 – 2020) hubo una reducción del 43% de tasa de impacto ambiental al utilizar el SAD; mientras que, en el segundo ciclo de evaluación (2022) la disminución del impacto ambiental utilizando el SAD, respecto al manejo del agricultor, fue del 52% (Cuadros 6 y 7, Gráfico 2).

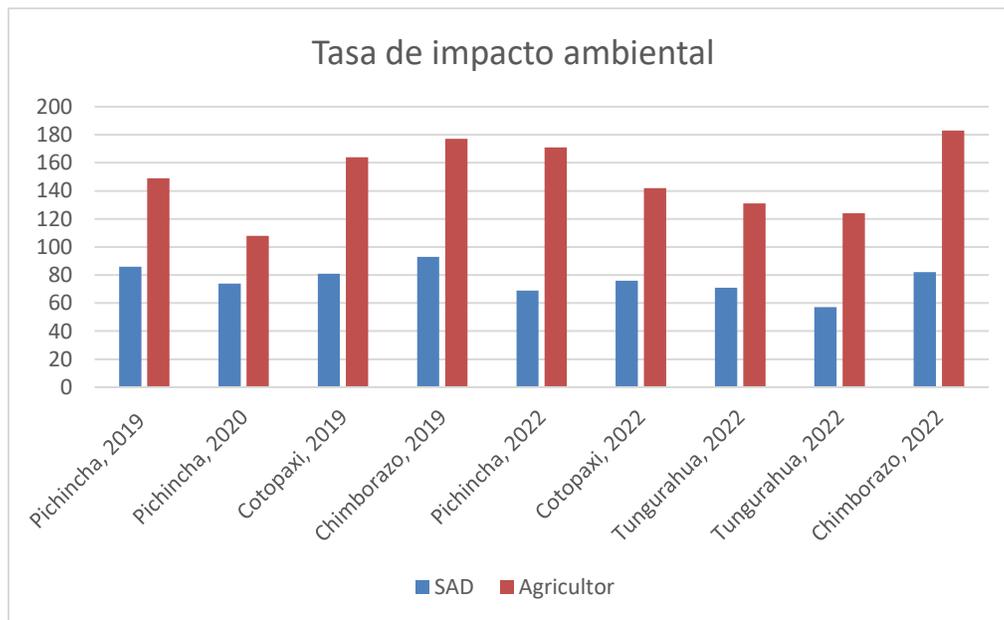


**Cuadro 6. Tasa de impacto ambiental en la evaluación del SAD, variedad Superchola, en Ecuador, 2019 - 2020.**

| Provincia  | Pichincha<br>(Mejía, 2019) | Pichincha<br>(Rumiñahui, 2020) | Cotopaxi<br>(Latacunga, 2019) | Chimborazo<br>(Riobamba, 2019) |
|------------|----------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| SAD        | 86 a                       | 74 a                           | 81 a                          | 93 a                           |
| Agricultor | 149 b                      | 108 b                          | 164 b                         | 177 b                          |

**Cuadro 7. Tasa de impacto ambiental en la evaluación del SAD, variedad Superchola/Libertad, en Ecuador, 2022.**

| Provincia     | Pichincha<br>(Quito, 2022) | Cotopaxi<br>(Pujilí, 2022) | Tungurahua<br>(Tisaleo Ambato, 2022) | Chimborazo<br>(Riobamba, 2022) |
|---------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|
| Variedad papa | Superchola                 | Superchola                 | Superchola                           | Libertad                       |
| SAD           | 69 a                       | 76 a                       | 71 a                                 | 57 a                           |
| Agricultor    | 171 c                      | 142 c                      | 131 b                                | 124 b                          |



**Gráfico 2. Tasa de impacto ambiental en la evaluación del SAD, Ecuador, 2019 - 2022.**

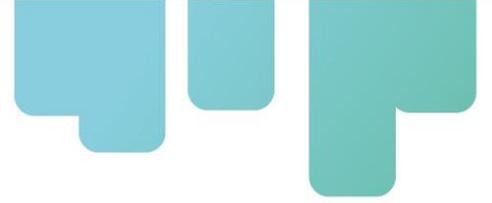


De acuerdo a los resultados obtenidos, a continuación, se presenta el cuadro 8, resumen en el que detallan los porcentajes de reducción de número de aplicaciones, de impacto ambiental y de costos por aplicaciones para control de TTP con la utilización del SAD en Ecuador.

**Cuadro 8. Porcentajes de reducción de impacto ambiental y costos de aplicación de fungicidas al utilizar la herramienta SAD en Ecuador, 2019 - 2022.**

| % Reducción de parámetros con el uso del SAD |                      |                        |             |                       |
|--|----------------------|------------------------|-------------|-----------------------|
| Año  | Localidad            | Número de aplicaciones | EIQ DSS     | Costos fungicidas DSS |
| 2019   | Mejía, Pichincha     | 31,2                   | 42,3        | 32,00                 |
| 2019   | Riobamba, Chimborazo | 41,7                   | 47,6        | 54,54                 |
| 2019   | Latacunga, Cotopaxi  | 20,0                   | 50,6        | 58,29                 |
| 2020   | Rumiñahui, Pichincha | 33,3                   | 31,5        | 40,16                 |
| 2022   | Quito, Pichincha     | 44,2                   | 59,6        | 57,42                 |
| 2022   | Pujilí, Cotopaxi     | 42,8                   | 46,5        | 49,11                 |
| 2022   | Tisaleo, Tungurahua  | 32,7                   | 45,8        | 39,31                 |
| 2022   | Ambato, Tungurahua   | 43,5                   | 54,3        | 55,13                 |
| 2022   | Riobamba, Chimborazo | 40,1                   | 55,2        | 56,47                 |
| <b>Promedio General</b>                      |                      | <b>36,6</b>            | <b>48,2</b> | <b>49,16</b>          |

La utilización del SAD generó una reducción del 36,6% del número de aplicaciones de fungicidas para controlar TTP, una reducción del 48,2% de impacto ambiental y del 49,16% del costo de fungicidas para controlar TTP, en promedio de todas las parcelas evaluadas.



## Discusión

Con los resultados obtenidos se determinó la eficacia del uso del SAD para el manejo del TTP, se obtiene un adecuado control de la enfermedad y se mantienen los rendimientos, con menor cantidad de aplicación de fungicidas que el manejo convencional; los agricultores generalmente, no se arriesgan y realizan aplicaciones calendarizadas, de forma excesiva en muchos casos.

Con el uso del SAD se optimiza el número de aplicaciones, al considerar los principales parámetros para el desarrollo de la epidemia: resistencia genética de la variedad de papa, clima e intervalo de aplicaciones.

La herramienta SAD recomienda utilizar un solo ingrediente activo, ya sea sistémico o protectante, lo cual no ocurre en el manejo convencional, en el que realizan mezclas de varios productos, incluso con el mismo ingrediente activo, sobre dosificando los mismos.

Por todo lo mencionado, la principal ventaja de utilizar el SAD es la disminución del impacto ambiental que se consigue, por el menor número de aplicaciones de fungicidas.

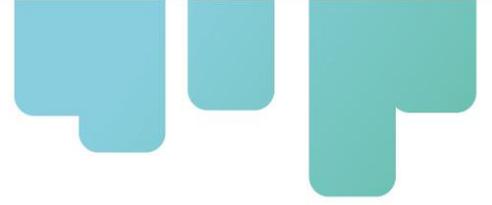
## Conclusiones

- En Ecuador durante varios ciclos de cultivo, entre los años 2019 - 2022, se evaluó y validó el sistema de apoyo a la decisión para control de tizón tardío (SAD), con agricultores beneficiarios del Proyecto FONTAGRO ATN/RF 16678 RG Alerta temprana Tizón tardío de la papa, en total se evaluaron nueve parcelas en las provincias Chimborazo (2), Tungurahua (2), Cotopaxi (2) y Pichincha (3).
- Realizando el manejo del TTP con el SAD , se obtuvieron resultados de efectividad de control de la enfermedad y de rendimientos similares y hasta superiores a los rendimientos obtenidos mediante el manejo convencional realizado por el agricultor, pero la ventaja de utilizar el SAD fue que permitió reducir el número de aplicaciones de fungicidas, además de que su uso recomienda la aplicación de ingredientes activos en rotación y en dosis adecuadas, sin que existan sobredosificaciones, es así que el manejo con el SAD tuvo una reducción promedio del 48% en la tasa de impacto ambiental, contribuyendo así a un manejo eficiente y sostenible de la enfermedad.



## Referencias Bibliográficas

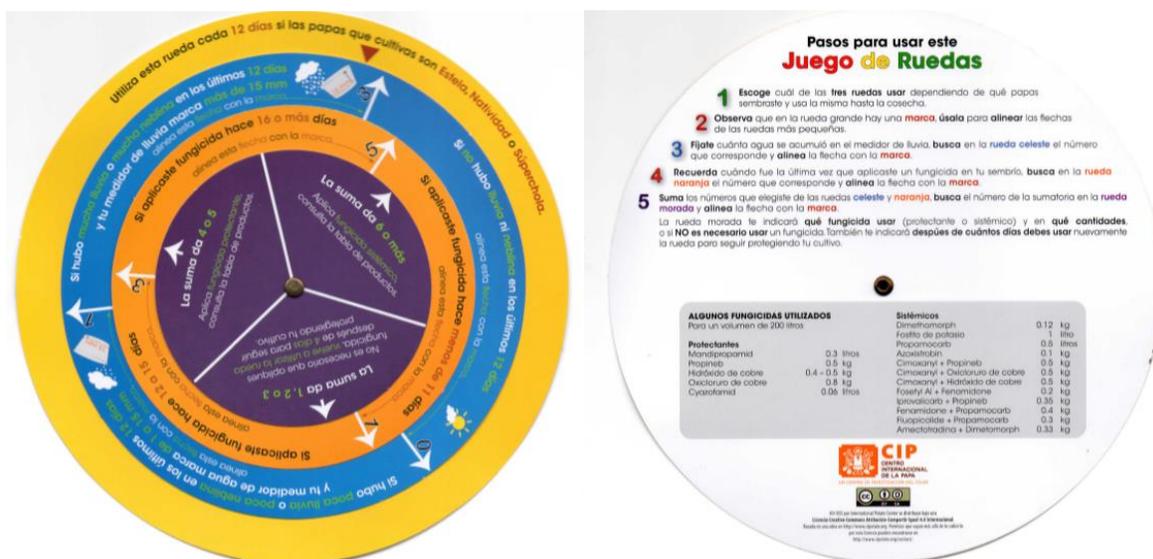
- Cucak, M., de Andrade Moral, R., Fealy, R., Lambkin, K., & Kildea, S. (2021). "Opportunities for Improved Potato Late Blight Management in the Republic of Ireland: Field Evaluation of the Modified Irish Rules Crop Disease Risk Prediction Model". *Phytopathology*<sup>®</sup>, 111(8), 1349-1360
- Cuesta, X., Peñaherrera, D., Velásquez, J., Castillo, C. (2018). "Guía de manejo de la punta morada de la papa". INIAP, *Manual técnico No. 104*. Primera edición. Mejía – Ecuador. 15 p.
- Inca, A. 2015. "Validación de la herramienta circular de toma de decisiones para el control del tizón tardío (*Phytophthora infestans*) (Mont.) De Bary de la papa (*Solanum tuberosum* L.) en Tunshi, provincia de Chimborazo". *Tesis de grado previa a la obtención de título de Ingeniero Agrónomo*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Agronómica. Riobamba, Ecuador. 136 p.
- INEC. (2021). "Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua". Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Recuperado de: [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Estadisticas\\_agropecuarias/espac/espac-2020/Boletin%20Tecnico%20ESPAC%202020.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2020/Boletin%20Tecnico%20ESPAC%202020.pdf)
- Instituto de Investigaciones Agropecuarias del Ecuador y Centro Internacional de la Papa. (2014) Ayuda memoria "Taller de Estrategias sobre Manejo del Tizón Tardío de la Papa". Estación Santa Catalina. Quito, Ecuador.
- Kassaw, A., Abera, M., & Belete, E. (2021). "The Response of Potato Late Blight to Potato varieties and Fungicide Spraying Frequencies at Meket, Ethiopia". *Cogent Food & Agriculture*, 7(1), 1870309
- Kromann, P., Taipe, A., Pérez, W., Gamboa, S., Forbes, G. & Andrade, J. (2014). "Combatiendo el Tizón tardío (*Phytophthora infestans*)". Quito, Ecuador: CIP.
- Kovach, J., Petzoldt, C., Degni, J. y Tette, J. (1992). "A method to measure the environmental impact of pesticides". *New York's Food and Life Sciences*. Bulletin N<sup>o</sup>. 139. Cornell University, Ithaca, New York, USA. 8 p.
- Monteros, Á., & Delgado, R. (2021). "Late blight resistance of Ecuadorian potato landraces: Field evaluation and farmer's perception". *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia*, 38(3), 505-524
- Montesdeoca, F., Panchi, N., Pallo, E., Yumisaca, F., Taipe, A., Mera, X., Espinoza, S., Andrade, J. (2012). "Produzcamos nuestra semilla de papa de buena calidad. Guía para agricultoras y agricultores". Centro Internacional de la Papa (CIP). 82 p.
- Muisín, B. 2016. "Evaluación de nueve fungicidas para el control del tizón tardío (*Phytophthora*



- infestans*) en papa”. *Tesis de grado previa a la obtención de título de Ingeniera Agrónoma*. Universidad Central del Ecuador. Facultad de Ciencias Agrícolas. Escuela de Ingeniería Agronómica. Quito, Ecuador. 64 p.
- Pérez, W., Arias, R., Anticona, R., Orrego, R., Ortiz, O., Forbes, G. y Andrade, J., (2015). “Decision Support System prototypes for control late blight designed for use of Andean Farmers”. Manuscrito, 21p.
- Pumisacho, M., Velásquez, J. (2009). “Manual del cultivo de papa para pequeños productores”. *Manual técnico 78*: 100 p.
- Taipe, A.; Kromann, P.; Andrade-Piedra, J.; Pérez, W.; Tello, C.; Panchi, N. y Cuesta, X. (2015). “Desarrollo de Estrategias de Manejo del Tizón Tardío de la Papa en Ecuador”. *Memorias VI Congreso Ecuatoriano de la Papa*, del 08 al 11 de Julio de 2015. Ibarra – Ecuador. pp. 83 – 85.
- Yépez, L. (2016). “Validación de estrategias de manejo del tizón tardío (*Phytophthora infestans*) en tres variedades de papa”. *Tesis de grado previa a la obtención de título de Ingeniero Agrónomo*. Universidad Central del Ecuador. Facultad de Ciencias Agrícolas. Escuela de Ingeniería Agronómica. Quito, Ecuador. 93 p.

## Anexo 1

**Anexo 1.** Sistema de apoyo a la toma de decisiones SAD, para manejo del Tizón tardío de la papa en la variedad Superchola (variedad moderadamente susceptible).



### Descripción de la herramienta SAD:

Esta herramienta SAD relaciona tres factores: el nivel de susceptibilidad de la variedad de papa a cultivar, el factor climático y el intervalo en días desde la última aplicación.

- En la primera rueda (amarilla) se encuentra la escala de evaluación de susceptibilidad de las variedades de papa y el número de días que se debe considerar para intervalos de seguimiento en el lote, en Superchola son 12 días.
- En la segunda rueda (azul) se encuentra el factor clima. Este se relaciona con la cantidad de lluvia y la neblina durante el período desde la última evaluación.
- En la tercera rueda (naranja) se consideran los días transcurridos desde la última aplicación de fungicida que se realizó para el control del TT.
- En la cuarta y última rueda (morada) se encuentra la recomendación para la aplicación, esta puede ser: no aplicar, aplicar producto de contacto o aplicar un producto sistémico. Criterios de evaluación y decisión.



**Anexo 2. Parcela de evaluación sobre manejo del SAD para control del TTP, Cotopaxi. 2019**



**Anexo 3. Siembra parcela manejo del SAD para control del TTP, Chimborazo. 2019**



**Anexo 4. Siembra parcela manejo del SAD para control del TTP, Pichincha. 2019**



**Anexo 5. Siembra parcela manejo del SAD para control del TTP, Pichincha. 2020**



**Anexo 6. Parcela manejo del SAD para control del TTP, Chimborazo. 2022**



**Anexo 7. Agricultora parcela manejo del SAD para control del TTP, Cotopaxi. 2022**



**Anexo 8. Agricultores parcela manejo del SAD para control del TTP, Tungurahua. 2022**



**Anexo 9. Agricultores parcela manejo del SAD para control del TTP, Tungurahua. 2022**



**Anexo 10. Parcela manejo del SAD para control del TTP, Pichincha. 2022**

Secretaría Técnica Administrativa



Con el apoyo de:



[www.fontagro.org](http://www.fontagro.org)

Correo electrónico: [fontagro@fontagro.org](mailto:fontagro@fontagro.org)