

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

**PRODUCTO 20. Base de datos *P. infestans***

**Actividad 4.3 Caracterización fenotípica del agente causal por país.**

**Cristina Tello; Ivette Acuña; Florencia Lucca; Rodrigo Morales  
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, Ivette Acuña; Florencia Lucca; Rodrigo Morales; Camila Sandoval; Jorge Muñoz; Evelyn Pilicita; Karen Silva.

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

**Abstract.....4**

**Resumen Ejecutivo.....5**

**Introducción.....6**

**Objetivos.....7**

**Metodología.....7**

**Resultados..... 10**

**Discusión ..... 22**

**Conclusiones ..... 23**

**Referencias Bibliográficas ..... 24**

**Anexos ..... 25**



## Abstract

Late blight, a disease brought on by the oomycete *Phytophthora infestans*, represents a significant threat to potato crops. Its management primarily relies on fungicide application. However, improper utilization may engender resistance in the pathogen. Through the FONTAGRO ANT/RF 16678-RG Project, titled "Early Warning of Potato Late Blight," regional monitoring and characterization of the causal agent were conducted across Chile, Panama, Argentina, and Ecuador. This research encompassed a phenotypic characterization of *P. infestans* populations, focusing on the sensitivity of pathogen isolates to the most employed fungicides in each country. A total of 115 isolates of the total collection were evaluated. At INIA Chile, researchers evaluated six isolates of *P. infestans* against nine fungicides: propamocarb + fluopicolide, chlorothalonil, mancozeb, zoxamide, ciazofamid, difeconazole + mandipropamid, metalaxil, cymoxanil, and dimethomorph. In INTA Argentina, the study involved ten isolates from pathogen populations, which were tested against three fungicides: dimetomorph + mancozeb, propamocarb + hydrochloride + fluopicolide, and propamocorb + cymoxanil. At IDIAP Panama, five pathogen isolates were studied with three fungicides: metalaxil + mancozeb, dimethomorph + mancozeb, and cymoxanil + mancozeb. Finally, at INIAP Ecuador, a total of 86 *P. infestans* isolates were assessed against seven fungicides: cymoxanil, dimethomorph, mandipropamid, metalaxil, propamocarb, chlorothalonil, and mancozeb. The study employed the leaf disk test methodology, in which multiple fungicide dosages, derived from base 10 serial dilutions of the commercial dose, were trialed. Evaluated variables included infection severity percentage, sporulation intensity percentage, incidence, and the mean effective concentration (CE50). In Chile the fungicides were effective in the commercial dose, with the exception of metalaxil; while, at the lowest dose, there was loss of sensitivity to the fungicides zoxamide, difenonazole + mandipropamide, cymoxanil and dimethomorph. In Argentina, the efficiency of dimethomorph + mancozeb was found to be decreased; the fungicides propamocarb HCl + fluopicolide and propamocarb + cymoxanil presented good control. In Panama, loss of sensitivity to the three fungicides evaluated was found, but to a greater degree to the fungicide dimethomorph + mancozeb. While, in Ecuador, 65% of the population with resistance to cymoxanil and propamocarb was identified; while 100% were resistant to metalaxyl. The predominant population of the pathogen in Chile, Argentina and Panama corresponds to genotype EU\_2\_A1 and in Ecuador to EC1, both of the A1 mating type group, both presenting resistance to a greater degree to the fungicide metalaxil. It is necessary to carry out continuous monitoring to know changes in the behavior of *P. infestans*.

**Keywords:** chemical control, fungicides, isolations, resistance, sensitivity



## Resumen Ejecutivo

El Tizón tardío, causado por el oomycete *Phytophthora infestans*, es una de las enfermedades más destructivas del cultivo de papa. Su control está basado en la aplicación de fungicidas que si se usan inadecuadamente pueden generar resistencia en el patógeno. A través del Proyecto FONTAGRO ANT/RF 16678-RG – Alerta temprana del tizón tardío de la papa, se realizó el monitoreo del patógeno a nivel regional (Chile, Panamá, Argentina y Ecuador) para caracterizar fenotípicamente las poblaciones de *P. infestans*, respecto a la sensibilidad a fungicidas. Se evaluó un total de 115 aislamientos de la colección total. En el INIA Chile se evaluaron 6 aislamientos de *P. infestans* y se probaron 9 fungicidas (propamocarb + fluopicolide, clorotalonil, mancozeb, zoxamida, ciazofamid, difeconazol + mandipropamid, metalaxi, cimoxanil y dimetomorf). En el INTA Argentina, se estudiaron 10 aislamientos, frente a 3 fungicidas (dimetomorf + mancozeb, propamocarb HCl + fluopicolide y propamocarb + cimoxanil). El estudio en el IDIAP Panamá, se realizó con 5 aislamientos y 3 fungicidas (metalaxil + mancozeb, dimetomorf + mancozeb, cimoxanil + mancozeb), mientras que, en el INIAP Ecuador, se evaluaron 86 aislamientos, frente a 7 fungicidas (cimoxanil, dimetomorf, mandipropamid, metalaxil, propamocarb, clorotalonil y mancozeb). Se utilizó la metodología de ensayo de disco de hoja, para lo cual se probaron varias dosis de los fungicidas, a partir de diluciones seriadas en base 10 de la dosis comercial. Las variables evaluadas fueron: % severidad de infección, % intensidad de esporulación, incidencia y concentración media efectiva (CE50). Los resultados en Chile demostraron que los fungicidas evaluados fueron efectivos en la dosis comercial para el control del patógeno, a excepción de metalaxil; mientras que, en la dosis más baja hubo pérdida de sensibilidad a los fungicidas zoxamida, difenonazol + mandipropamida, cimoxanilo y dimetomorf. En Argentina, se encontró disminuida la eficiencia de dimetomorf + mancozeb al evaluar su efecto a las 6, 24 y 48 horas de infección; los fungicidas propamocarb HCl + fluopicolide y propamocarb + cimoxanil presentaron un buen control. En Panamá, se encontró pérdida de la sensibilidad a los tres fungicidas evaluados, pero en mayor grado al fungicida dimetomorf + mancozeb. Mientras que, en Ecuador se identificó un 65% de la población con resistencia a cimoxanil y propamocarb; mientras que, un 100% fue resistente a metalaxil. La población predominante del patógeno en Chile, Argentina y Panamá corresponde al genotipo EU\_2\_A1 y en Ecuador a EC1, ambos del grupo de apareamiento A1, presentando resistencia en mayor grado al fungicida metalaxil; es necesario realizar monitoreos continuos para conocer cambios el comportamiento de *P. infestans*.

**Palabras Clave:** aislamientos, control químico, fungicidas, resistencia, sensibilidad



## Introducción

Uno de los problemas bióticos importantes de la papa es el tizón tardío, ocasionado por el oomicete *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, causante de pérdidas entre el 30% al 100% del rendimiento en pocos días (Oyarzún et al., 2001); este patógeno presenta inóculo constante en las zonas paperas, puede sobrevivir a temperaturas entre 15 a 22°C, con una humedad relativa mayor al 80% (Escalante & Farrera, 2004).

Su control depende principalmente de aplicaciones regulares de fungicidas, que consideran la utilización de productos químicos capaces de prevenir la infección o realizar algún tipo de control posterior a la infección (Acuña et al., 2018; Pérez y Forbes., 2008). Actualmente, existe una amplia variedad de productos para este propósito, los cuales, muchas veces son usados de forma excesiva y repetitiva por los agricultores, significando altos costos de producción y serios problemas ambientales (Páez et al., 2001; García et al., 2008).

Por el mal uso de los ingredientes activos, la efectividad de estos se ha ido reduciendo progresivamente, dando como resultado mutaciones en el patógeno, debido a la alta presión de selección ejercida por el uso continuo de dichas moléculas (Acurio, 2007).

A pesar de la resistencia a fungicidas reportada en diversos estudios, el control químico, sigue siendo una de las estrategias más importantes para contrarrestar los efectos de *P. infestans*, alcanzando en promedio entre 7-20 aplicaciones de fungicidas durante una temporada a nivel regional, según las condiciones ambientales y presión de la enfermedad (Schepers et al., 2015).

Es importante que se realicen monitoreos de la sensibilidad de las poblaciones del patógeno a los fungicidas más utilizados, para conocer la situación actual, predecir el comportamiento y detectar cambios en la sensibilidad (Bauske et al., 2018).

A través del Proyecto FONTAGRO ATN/RF 16678-RG “Alerta temprana para el manejo de Tizón tardío de la papa”, se realizó la presente caracterización de sensibilidad a fungicidas de poblaciones de *P. infestans* de los países participantes de dicho proyecto, Chile, Argentina, Panamá y Ecuador, durante los ciclos productivos de papa de los años 2019 al 2023, con la finalidad de generar información base, que permitirá establecer estrategias efectivas para el manejo del Tizón tardío.



## Objetivos

Evaluar la sensibilidad a los fungicidas mayormente utilizados de poblaciones de *Phytophthora infestans* aisladas de cultivos de papa (*Solanum tuberosum* L.) de diferentes localidades de Chile, Argentina, Panamá y Ecuador.

## Metodología

Las poblaciones del patógeno evaluadas correspondieron a la línea clonal dominante EU\_2\_A1 para Chile, Argentina y Panamá y EC1 para Ecuador.

El proyecto propuso caracterizar genotípica y fenotípicamente los aislamientos de cada país. La caracterización fenotípica se concentró en la evaluación de la sensibilidad a los fungicidas más utilizados en cada país como marcadores bases. Igualmente, se propuso realizar una determinación de los grupos de apareamiento presentes. En este último punto, debido a que los resultados de los estudios genotípicos muestran una homogeneidad en las poblaciones para cada país, donde los genotipos son similares y descritos en bases de datos internacionales como A1 (Producto 21), se decidió no realizar este tipo de caracterización adicional.

En cada país, se realizó un monitoreo de patógeno para obtener una colección de *P. infestans* representativa de la región (Producto 19). Esta colección se realizó a partir de muestras en campo de hojas de plantas de papa con síntomas de tizón tardío (Foto 1). De esta colección, se caracterizaron fenotípicamente 107 aislamientos provenientes de los países mencionados (Cuadro 1).

En el INIA Chile se evaluaron 6 aislamientos de *P. infestans* provenientes de localidades de Chiloé, Fresia, Chaitén y Osorno; se probaron 9 fungicidas (propamocarb + fluopicolide, clorotalonil, mancozeb, zoxamida, ciazofamid, difeconazol + mandipropamid, metalaxil, cimoxanil y dimetomorf), se utilizó la variedad susceptible Yaike. En el INTA Argentina, se evaluaron 10 aislamientos de *P. infestans* de 5 genotipos de importancia epidemiológica entre los que se incluyen dos aislamientos de la línea clonal dominante en Argentina EU\_2\_A1 y de importancia regional por su dominancia también en Chile, Panamá y Brasil. También se incluyeron dos aislamientos de las restantes líneas clonales por su importancia epidemiológica a nivel mundial, principalmente en Europa tales como: EU-13A2, EU-36\_A2, EU-41\_A2 y EU-37\_A2. Como unidad experimental de emplearon 24 discos de hojas/tratamiento. Para determinar su sensibilidad a tres fungicidas comerciales de acción curativa para evaluar la sensibilidad de la línea base de los



aislamientos mediante un ensayo de disco de hoja (dimetotomorfo + mancozeb, propamocarb + cimoxanilo y propamocarb + fluopicolide. Asimismo, se estudiaron 10 aislamientos de la línea clonal EU-2\_A1 frente al principio activo mefenoxam, incluyéndose un control sensible como referencia. Se trabajó con el cultivar de papa Spunta (susceptible al tizón tardío). El estudio en el IDIAP Panamá, se realizó con 5 aislamientos del patógeno, provenientes de las localidades de Las Nubes, Bajo Grande, La Garita y Cerro Punta, con los que se evaluaron 4 fungicidas (metalaxil + mancozeb, dimetomorf + mancozeb, cimoxanil + mancozeb), en la variedad de papa Granola, susceptible al tizón tardío y la más sembrada en este país. En el INIAP Ecuador, se evaluaron 86 aislamientos de *P. infestans*, provenientes de las provincias de Carchi, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo y Azuay, frente a 7 fungicidas (cimoxanil, dimetomorf, mandipropamid, metalaxil, propamocarb, clorotalonil y mancozeb); se utilizó la variedad susceptible Superchola.

Para este estudio, se llevaron a cabo ensayos en placa de discos de hojas. Para lo cual, se utilizó como unidad experimental una caja de cultivo celular (25 discos de foliolos) o una caja Petri (5 discos de foliolos) (Foto 2), con agar agua al 0.5%, conteniendo discos de hojas sanas de papa, de las variedades susceptibles de cada zona; con ayuda de un sacabocados, se cortaron discos de 15 mm de diámetro.

Los factores en estudio fueron los aislamientos, los fungicidas y las dosis de los mismos, se utilizaron tres o cuatro dosis, a una escala exponencial mediante diluciones seriadas en base 10 de la dosis comercial de cada ingrediente activo (Foto 3).

Cada aislamiento se multiplicó en medio agar centeno, luego se reactivó en rodajas de papa y se ajustó a una suspensión de esporangios de 20.000 esporangios/ml (Foto 4), la cual fue aplicada mediante un aspersor de vidrio manual o con un aerógrafo. Los fungicidas de contacto se aplicaron 24 horas antes de la inoculación de cada aislamiento; mientras que, los fungicidas sistémicos, se aplicaron 48 horas luego de la inoculación. Las unidades experimentales, aplicadas los diferentes tratamientos se incubaron a temperaturas entre 15 y 18°C con fotoperiodos de luz/oscuridad 16/8 horas (Foto 5).

Las evaluaciones se realizaron a partir del quinto día hasta el séptimo día después de la inoculación e incubación; se midió el porcentaje de severidad, incidencia e intensidad de esporulación y con la información obtenida se calculó el porcentaje de crecimiento y la CE50 (Foto 6).

En el estudio en Ecuador, se realizaron adicionalmente pruebas de sensibilidad *in vitro* de 36 aislamientos al fungicida metalaxil, donde la unidad experimental consistió en una caja Petri con medio de cultivo agar centeno, enmendado con metalaxil, en tres dosis 1, 10 y 100 ppm, en el





cual se sembró un disco de 5 mm de agar centeno con cada uno de los aislamientos en estudio. En esta fase, se evaluó el diámetro de crecimiento a los 7 y 12 días después de la siembra, tomando dos diámetros perpendiculares en cada medición y la sensibilidad a los fungicidas, mediante el cálculo de la CE50.



**Foto 1. Obtención de aislamientos puros de *P. infestans***



**Foto 2. Preparación de discos de hojas en placa Petri o placa de cultivo celular**



**Foto 3. Preparación de diluciones y aplicación de fungicidas**



Foto 4. Reactivación e inoculación de aislamientos *P. infestans*



Foto 5. Incubación de tratamientos



Foto 6. Evaluación de severidad, incidencia y esporulación



## Resultados

A continuación, se presentan los principales resultados por país:

### 1. Base de datos de aislamientos caracterizados fenotípicamente

Del total de aislamientos colectados, se caracterizaron un total de 115 aislamientos, los cuales se describen en el Cuadro 1. Se caracterizó una muestra representativa de cada sector y país, según la información de los datos de caracterización genotípica realizada (Producto 21).

**Cuadro 1.** Base de datos de aislamientos caracterizados fenotípicamente.

N°	País de origen	Código Aislamiento	Año de muestreo	Provincia	Localidad	Coordenadas		Altitud (msn m)	Fuente	Tipo de variedad de papa	Variedad de papa	Año de evaluación	Resistencia a fungicidas
						Latitud	Longitud						
1	Ecuador	M1	2018	Carchi	El Ángel	0.622122	-77.933.372	3012	Campo de agricultor	Mejorada	Superchola	2021	Metalaxil
2	Ecuador	M2	2018		Bolívar	0.503244	-77.882.129	2954	Campo de agricultor	Mejorada	Superchola		Metalaxil
3	Ecuador	M3	2019		Bolívar	0.506667	-77.860.801	2917	Campo de agricultor	Mejorada	Superchola		Metalaxil, Cimoxanil
4	Ecuador	M4	2019		Montúfar	0.520089	-77.868.487	3007	Campo de agricultor	Mejorada	Capiro		Metalaxil, Propamocarb
5	Ecuador	M5	2020		San Gabriel	0.593250	-77.822.914	2985	Campo de agricultor	Mejorada	Única		Metalaxil, Cimoxanil
6	Ecuador	M6	2019	Pichincha	Mejía	-0.486104	-78.521.419	3045	INIAP	Mejorada	Yana shungo	2021	Metalaxil
7	Ecuador	M7	2019		Chaupi	-0.596020	-78.642.974	2963	Campo de agricultor	Mejorada	Superchola		Metalaxil, Propamocarb
8	Ecuador	M8	2020		Aloasí	-0.516188	-78.590.376	2980	Campo de agricultor	Mejorada	Superchola		Metalaxil, Cimoxanil
9	Ecuador	M9	2020		Mejía	-0.498837	-78.547.226	3064	INIAP	Mejorada	INIAP-Libertad		Metalaxil, Cimoxanil
10	Ecuador	M10	2020		Alóag	-0.462974	-78.581.493	2947	Campo de agricultor	Mejorada	Superchola		Metalaxil
11	Ecuador	M11	2019	Cotopaxi	Latacunga	-0.623878	-78.601.116	2832	Campo de agricultor	Mejorada	INIAP-Cecilia	2021	Metalaxil, Cimoxanil
12	Ecuador	M12	2019		Saquisilí	-0.810953	-78.677.792	2595	Campo de agricultor	Nativa	Uvilla		Metalaxil, Cimoxanil, Propamocarb
13	Ecuador	M13	2020		Pujilí	-0.959767	-78.693.448	2751	Campo de agricultor	Nativa	Yema de huevo		Metalaxil
14	Ecuador	M14	2020		San Isidro	-1.023.891	-78.692.251	2633	Campo de agricultor	Mejorada	Superchola		Metalaxil, Cimoxanil
15	Ecuador	M15	2020		Toacaso	-0.741293	-78.743.109	2697	Campo de agricultor	Mejorada	INIAP-Gabriela		Metalaxil, Propamocarb
16	Ecuador	M16	2020	Tungurahua	Pelileo	-1.340.355	-78.561.748	3090	Campo de agricultor	Mejorada	INIAP-Libertad	2021	Metalaxil
17	Ecuador	M17	2020		Patate	-1.322.601	-78.492.984	3106	Campo de agricultor	Mejorada	INIAP-Libertad		Metalaxil, Propamocarb
18	Ecuador	M18	2020		Quero	-1.378.154	-78.605.349	3123	Campo de agricultor	Mejorada	Superchola		Metalaxil, Propamocarb
19	Ecuador	M19	2020		Salasaca	-1.320.904	-78.579.717	3025	Campo de agricultor	Nativa	Bolona		Metalaxil, Propamocarb
20	Ecuador	M20	2020		Totoras	-1.319.506	-78.605.895	3154	Campo de agricultor	Nativa	Uvilla		Metalaxil
21	Ecuador	M21	2022	Pichincha	Cutuglagua	-0,369826	-78,555826	3004	Campo de agricultor	Mejorada	Superchola	2022	Metalaxil
22	Ecuador	M22	2022		Cutuglagua	-0,369818	-78,555857	3015	Campo de agricultor	Mejorada	Superchola		Metalaxil, Cimoxanil
23	Ecuador	M23	2022		EESC	-0,369717	-78,55547	3052	INIAP	Mejorada	INIAP-Libertad		Metalaxil



24	Ecuador	M24	2022		EESC	-0,36966	-78,555373	3010	INIAP	Mejorada	Yana shungo		Metalaxil, Cimoxanil
25	Ecuador	M25	2022		EESC	-0,366416	-78,474566	3045	INIAP	Mejorada	Puca shungo		Metalaxil, Cimoxanil
26	Ecuador	M26	2022		Cuendina	-0,366418	-78,474564	3120	Campo de agricultor	Mejorada	Superchola		Metalaxil
27	Ecuador	M27	2022		La Victoria	-0,366156	-78,474406	3109	Campo de agricultor	Mejorada	Superchola		Metalaxil, Propamocarb
28	Ecuador	M28	2022	Cotopaxi	Tanicuchí	-0,78639	-78,613451	3148	Campo de agricultor	Nativa	Bolona	2022	Metalaxil
29	Ecuador	M29	2022		Tanicuchí	-0,788545	-78,613552	3233	Campo de agricultor	Mejorada	INIAP-Cecilia	Metalaxil, Cimoxanil	
30	Ecuador	M30	2022		Toacazo	-0,767544	-78,679278	3175	Campo de agricultor	Nativa	Bolona	Metalaxil, Cimoxanil	
31	Ecuador	M31	2022		Toacazo	-0,768211	-78,679747	3178	Campo de agricultor	Nativa	Uvilla	Metalaxil	
32	Ecuador	M32	2022		Toacazo	-0,76821	-78,679748	3045	Campo de agricultor	Mejorada	Superchola	Metalaxil, Cimoxanil	
33	Ecuador	M33	2022		Toacazo	-0,768348	-78,679806	3011	Campo de agricultor	Mejorada	INIAP-Gabriela	Metalaxil, Cimoxanil	
34	Ecuador	M34	2022		Pujilí	-1,011432	-78,740714	3036	Campo de agricultor	Mejorada	Superchola	Metalaxil	
35	Ecuador	M35	2022		Pujilí	-1,011467	-78,740807	3114	Campo de agricultor	Mejorada	Superchola	Metalaxil	
36	Ecuador	M36	2022		Chimbo razo	Tuntatacto	-1,527446	-78,721125	3072	Campo de agricultor	Mejorada	Superchola	2022
37	Ecuador	M37	2022	Tuntatacto		-1,527634	-78,712413	3081	Campo de agricultor	Mejorada	INIAP-Fripapa	Metalaxil, Cimoxanil	
38	Ecuador	M38	2022	La Josefina		-1,563583	-78,72027	2995	Campo de agricultor	Mejorada	Superchola	Metalaxil, Propamocarb	
39	Ecuador	M39	2022	La Josefina		-1,563193	-78,720385	3012	Campo de agricultor	Nativa	Yema de huevo	Metalaxil, Propamocarb	
40	Ecuador	M40	2022	La Josefina		-1,564124	-78,725129	3016	Campo de agricultor	Nativa	Carrizo	Metalaxil, Cimoxanil	
41	Ecuador	M41	2022	San Andrés		-1,471256	-78,557943	3037	Campo de agricultor	Mejorada	Superchola	Metalaxil, Cimoxanil	
42	Ecuador	M42	2022	San Andrés		-1,472526	-78,160767	2987	Campo de agricultor	Mejorada	Superchola	Metalaxil	
43	Ecuador	M43	2022	Tungura hua	Nuevo Rumihuaico	-1,17042	-78,548993	3132	Campo de agricultor	Nativa	Yema de huevo	2022	Metalaxil
44	Ecuador	M44	2022		Nuevo Rumihuaico	-1,16851	-78,549207	3036	Campo de agricultor	Nativa	Uvilla	Metalaxil, Propamocarb	
45	Ecuador	M45	2022		Cunchimba mba	-1,121542	-78,570675	3116	Campo de agricultor	Mejorada	INIAP-Libertad	Metalaxil, Propamocarb	
46	Ecuador	M46	2022		Cunchimba mba	-1,120405	-78,57091	3091	Campo de agricultor	Mejorada	Superchola	Metalaxil, Propamocarb	
47	Ecuador	M47	2022		Chorrera	-1,141014	-78,581404	3045	Campo de agricultor	Mejorada	Superchola	Metalaxil	
48	Ecuador	M48	2022		Chorrera	-1,14252	-78,580137	3061	Campo de agricultor	Nativa	Bolona	Metalaxil, Propamocarb	

49	Ecuador	M49	2022		San Bartolomé	-1,134058	-78,601079	2997	Campo de agricultor	Nativa	Bolona		Metalaxil, Propamocarb
50	Ecuador	M50	2022		San Bartolomé	-1,134846	-78,603685	2986	Campo de agricultor	Nativa	Yema de huevo		Metalaxil
51	Ecuador	M51	2022	Pichincha	Cutuglaga	-0,369166	-78,559722	2942	INIAP	Mejorada	Superchola	2023	Metalaxil
52	Ecuador	M52	2022		Cutuglaga	-0,368333	-78,559444	2883	INIAP	Mejorada	Superchola		Metalaxil
53	Ecuador	M53	2023		Cutuglaga	-0,364166	-78,558611	2885	INIAP	Mejorada	INIAP-Libertad		Metalaxil
54	Ecuador	M54	2023		Cutuglaga	-0,365277	-78,556944	2770	INIAP	Mejorada	INIAP-Libertad		Metalaxil
55	Ecuador	M55	2023		Cutuglaga	-0,350277	-78,553611	2919	INIAP	Mejorada	Yana shungo		Metalaxil
56	Ecuador	M56	2023		Cutuglaga	-0,367777	-78,553055	3047	INIAP	Mejorada	Yana shungo		Metalaxil
57	Ecuador	M57	2023		Cutuglaga	-0,368611	-78,553333	2985	INIAP	Mejorada	Puca shungo		Metalaxil
58	Ecuador	M58	2022		Cotopaxi	Cuturiví	-0,992222	-78,735555	2897	Campo de agricultor	Mejorada		INIAP-Fripapa
59	Ecuador	M59	2022	Cuturiví		-0,993888	-78,736666	2865	Campo de agricultor	Mejorada	Superchola	Metalaxil	
60	Ecuador	M60	2022	Cuturiví		-0,993888	-78,737555	2875	Campo de agricultor	Mejorada	INIAP-Natividad	Metalaxil	
61	Ecuador	M61	2022	Cuturiví		-0,991944	-78,736666	2869	Campo de agricultor	Mejorada	INIAP-Libertad	Metalaxil	
62	Ecuador	M62	2022	Cuturiví		-0,990833	-78,737222	2945	Campo de agricultor	Mejorada	Superchola	Metalaxil	
63	Ecuador	M63	2023	Cuturiví		-0,989722	-78,736944	2975	Campo de agricultor	Mejorada	Superchola	Metalaxil	
64	Ecuador	M64	2023	Cuturiví		-0,988888	-78,735555	3014	Campo de agricultor	Mejorada	Superchola	Metalaxil	
65	Ecuador	M65	2023	Cuturiví		-0,992332	-78,732555	3008	Campo de agricultor	Mejorada	INIAP-Gabriela	Metalaxil	
66	Ecuador	M66	2023	Chimborazo	Puculpala	-1,702777	-78,579722	2968	Campo de agricultor	Mejorada	Superchola	2023	Metalaxil
67	Ecuador	M67	2023		Puculpala	-1,702222	-78,582555	2975	Campo de agricultor	Mejorada	Superchola		Metalaxil
68	Ecuador	M68	2023		Puculpala	-1,704722	-78,580555	2856	Campo de agricultor	Mejorada	INIAP-Fripapa		Metalaxil
69	Ecuador	M69	2023		Puculpala	-1,707777	-78,581666	2894	Campo de agricultor	Mejorada	INIAP-Fripapa		Metalaxil
70	Ecuador	M70	2023		Puculpala	-1,715833	-78,579166	2931	Campo de agricultor	Mejorada	Superchola		Metalaxil
71	Ecuador	M71	2023		Puculpala	-1,713333	-78,583888	2954	Campo de agricultor	Mejorada	INIAP-Fripapa		Metalaxil
72	Ecuador	M72	2023		Puculpala	-1,705555	-78,577777	2951	Campo de agricultor	Mejorada	Superchola		Metalaxil
73	Ecuador	M73	2022		Tungurahua	Nuevo Rumihuaico	-1,17022	-78,548933	2858	Campo de agricultor	Mejorada		Superchola

74	Ecuador	M74	2022		Nuevo Rumihuaico	-1,168511	-78,54927	2874	Campo de agricultor	Mejorada	Superchola		Metalaxil
75	Ecuador	M75	2022		Cunchibamba	-1,121511	-78,570655	2813	Campo de agricultor	Nativa	Bolona		Metalaxil
76	Ecuador	M76	2022		Cunchibamba	-1,120555	-78,571111	2969	Campo de agricultor	Mejorada	Superchola		Metalaxil
77	Ecuador	M77	2022		Chorrera	-1,141044	-78,581444	2981	Campo de agricultor	Mejorada	INIAP-Libertad		Metalaxil
78	Ecuador	M78	2023		Chorrera	-1,142522	-78,580777	2862	Campo de agricultor	Mejorada	Superchola		Metalaxil
79	Ecuador	M79	2023		San Bartolomé	-1,134111	-78,601079	2836	Campo de agricultor	Mejorada	Superchola		Metalaxil
80	Ecuador	M80	2023		San Bartolomé	-1,134886	-78,603665	2964	Campo de agricultor	Nativa	Yema de huevo		Metalaxil
81	Ecuador	M81	2022	Azuay	Sigsig	-3,073888	-78,806944	2745	Campo de agricultor	Nativa	Uvilla	2023	Metalaxil
82	Ecuador	M82	2022		Sigsig	-3,07	-78,806111	2864	Campo de agricultor	Mejorada	Superchola		Metalaxil
83	Ecuador	M83	2022		Sigsig	-3,065277	-78,81	2716	Campo de agricultor	Mejorada	INIAP-Cecilia		Metalaxil
84	Ecuador	M84	2022		Sigsig	-3,070277	-78,810555	2737	Campo de agricultor	Mejorada	Superchola		Metalaxil
85	Ecuador	M85	2022		Sigsig	-3,069722	-78,807222	2755	Campo de agricultor	Nativa	Coneja Blanca		Metalaxil
86	Ecuador	M86	2022		Sigsig	-3,063888	-78,807499	2705	Campo de agricultor	Mejorada	INIAP-Gabriela		Metalaxil
87	Chile	1138	2021	Palena	Ayacara	-42,306489	-72,78185				Karu	2022	Metalaxil
88	Chile	1137	2021	Llanquihue	Fresia	-41,145433	-73,430691				Asterix	2022	Metalaxil, Zoxamida
89	Chile	1128	2021	Chiloé	Liucura	-38,646061	-71,085263				S/D	2022	Metalaxil, Difeconazol+ Mandipropamida
90	Chile	1145	2023	Osorno	Osorno							2023	Metalaxil, Cimoxanil
91	Chile	1144	2023	Osorno	Osorno							2023	Metalaxil, Dimetomorf
92	Chile	1130	2021	Chiloé	Isla Lemuy	-42,618737	-73,650634				S/D	2023	Metalaxil
93	Países Bajos	EU13-A2_NL07041	2007	Emmen	Drenthe				Campo de agricultor	Mejorada	Aveka	2019	dimetomorf + mancozeb, propamocarb HCl + fluopicolide y propamocarb + cimoxanil
94	Países Bajos	EU13-A2_NL15076	2015	Odoorn	Drenthe				Campo de agricultor	Mejorada	Festien	2019	dimetomorf + mancozeb, propamocarb HCl + fluopicolide y propamocarb + cimoxanil
95	Países Bajos	EU36-A2_NL15217	2015	Odoorn	Drenthe				Campo de agricultor	Mejorada	S/D	2019	dimetomorf + mancozeb, propamocarb HCl + fluopicolide y propamocarb + cimoxanil



96	Países Bajos	EU36-A2_NL17063	2017	Ulestraten	Limburg				Campo de agricultor	Mejorada	Fontane	2019	dimetomorf + mancozeb, propamocarb HCl + fluopicolide y propamocarb + cimoxanil
97	Dinamarca	EU41-A2_NL18073	2018	South Jutland	Denmark				Campo de agricultor	Mejorada	Monique	2019	dimetomorf + mancozeb, propamocarb HCl + fluopicolide y propamocarb + cimoxanil
98	Dinamarca	EU41-A2_NL18074	2018	South Jutland	Denmark				Campo de agricultor	Mejorada	Spunta	2019	dimetomorf + mancozeb, propamocarb HCl + fluopicolide y propamocarb + cimoxanil
99	Países Bajos	EU37-A2_NL15299	2015	Lelystad	Flevoland				Campo experimental	Mejorada	S/D	2019	dimetomorf + mancozeb, propamocarb HCl + fluopicolide y propamocarb + cimoxanil
100	Países Bajos	EU37-A2_NL17093	2017	Serooskerke	Zeeland				Campo de agricultor	Mejorada	Lady Claire	2019	dimetomorf + mancozeb, propamocarb HCl + fluopicolide y propamocarb + cimoxanil
101	Argentina	AR19001	2019	Córdoba	Rio Primero	-31,417611000	-63,889806000		Campo de agricultor	Mejorada	Spunta	2020	dimetomorf + mancozeb, propamocarb HCl + fluopicolide y propamocarb + cimoxanil, mefenoxam
102	Argentina	AR19002	2019	Córdoba	Rio Primero	-31,417611000	-63,889806000		Campo de agricultor	Mejorada	Spunta	2020	mefenoxam
103	Argentina	AR19005	2019	Buenos Aires	Tandil	-37,491252000	-58,874862000		Campo de agricultor	Mejorada	Spunta	2020	mefenoxam
104	Argentina	AR19009	2018	Buenos Aires	Mar del Plata	-38,058361000	-57,687889000		Campo de agricultor	Mejorada	Spunta	2020	mefenoxam
105	Argentina	AR19013	2019	Buenos Aires	Tandil	-37,295000000	-59,236000000		Campo de agricultor	Mejorada	Spunta	2020	mefenoxam
106	Argentina	AR19023	2018	Buenos Aires	El Coyunco	-37,898416000	-57,784276000		Campo de agricultor	Mejorada	Innovator	2020	mefenoxam
107	Argentina	AR19027	2018	Buenos Aires	Balcarce	-37,765000000	-58,308000000		Campo de agricultor	Mejorada	Spunta	2020	mefenoxam
108	Argentina	AR19031	2018	Buenos Aires	Mar del Plata	-38,058361000	-57,687889000		Campo de agricultor	Mejorada	Asterix	2020	mefenoxam
109	Argentina	AR19043	2019	Buenos Aires	Colinas verdes	-37,884564000	-57,816238000		Campo de agricultor	Mejorada	Spunta	2020	dimetomorf + mancozeb, propamocarb HCl + fluopicolide y propamocarb + cimoxanil, mefenoxam
110	Argentina	AR19053	2018	Tucuman	Tafí del Valle	-26,909124000	-65,773800000		Campo de agricultor	Mejorada	Spunta	2020	mefenoxam
111	Panamá	EU2-A1_1	2022	Cerro Punta	Las Nubes	8,88855377	-82,607002	2085			Granola	2022	Metalaxil, Dimetomorf+ Mancozeb
112	Panamá	EU2-A1_2	2022	Cerro Punta	Las Nubes	8,87418824	-82,593930	1893			Granola	2022	Metalaxil, Dimetomorf+ Mancozeb
113	Panamá	EU2-A1_3	2022	Cerro Punta	Bajo Grande	8,85667747	-82,561008	2030			Granola	2022	Metalaxil, Dimetomorf+ Mancozeb



114	Panamá	EU2-A1_4	2022	Cerro Punta	La Garita	8,86474231	-82,591161	1839			Granola	2022	Metalaxil, Mancozeb	Dimetomorf+
115	Panamá	EU2-A1_5	2022	Cerro Punta	Cerro Punta Centro	8,85343251	-82,592931	1844			Granola	2022	Metalaxil, Mancozeb	Dimetomorf+

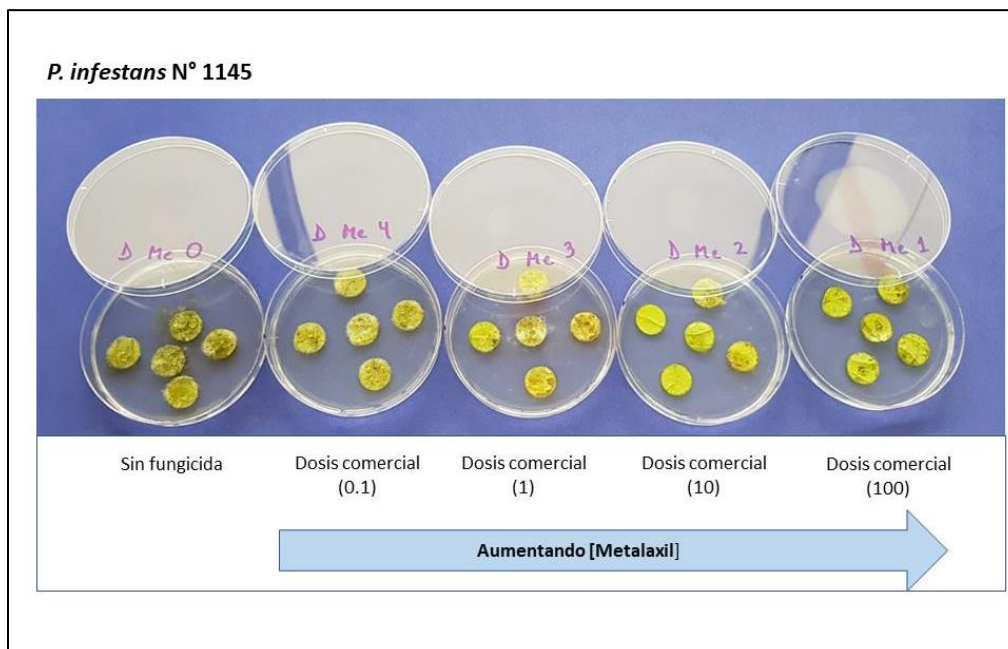
## 2. Evaluación de sensibilidad a fungicidas de aislamientos de Chile

Se determinó un 100% de reducción de esporulación en ocho fungicidas evaluados (propamocarb HCl + fluopicolide, clorotalonil, mancozeb, zoxamida, ciazofamid, difeconazol + mandipropamid, cimoxanilo y dimetomorf) en las dosis alta y media. En la última dilución, correspondiente a la milésima parte de la dosis comercial, se pudo observar cierta pérdida de control en los fungicidas: zoxamida, difeconazol + mandipropamid, cimoxanilo y dimetomorf.

La respuesta al fungicida metalaxil en la dosis comercial fue de resistencia por parte de los aislamientos del patógeno, evaluados. Se pudo observar que con los aislamientos 1137 y 1144, ya hubo una pérdida total de sensibilidad al metalaxil con la primera dilución seriada de la dosis comercial (dosis media) siendo igual al tratamiento sin fungicida; mientras que, los aislamientos 1138 y 1145 decayeron en la dosis comercial.

La Foto 7, muestra los discos de hojas inoculados con el aislamiento de *P. infestans* 1145 y tratados con metalaxil, se puede observar que existe esporulación del hongo a dosis menores del fungicida, indicando resistencia por parte del patógeno.

Información ampliada se presenta en el Anexo 1, con los resultados del estudio realizado en Chile.

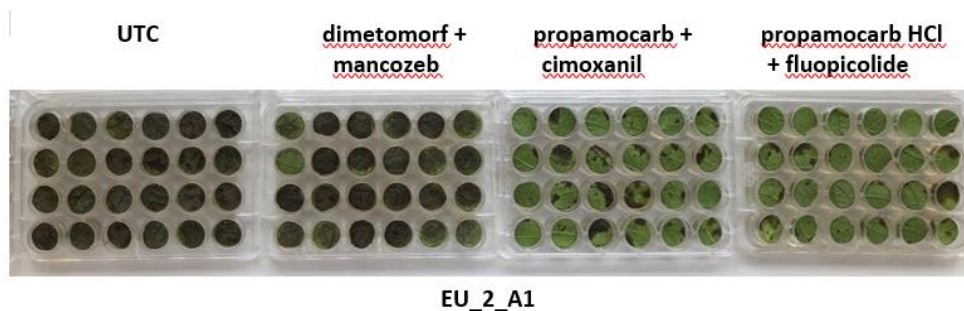


**Foto 7. Evaluación de la esporulación del aislamiento de *P. infestans* 1145 en disco de hoja frente al fungicida metalaxil - Chile.**

### 3. Evaluación de sensibilidad a fungicidas de aislamientos de Argentina

Al aplicar los fungicidas de tres formulaciones comerciales (dimetomorf + mancozeb, propamocarb HCl + fluopicolide y propamocarb + cimoxanil), se observó a las 48 h, que la efectividad disminuye marcadamente para todos los fungicidas evaluados, pero en mayor intensidad con el fungicida dimetomorf + mancozeb (Foto 8). Esto se correlacionó con resultados preliminares, en donde la acción curativa de este fungicida a las 6 h se había visto disminuida, intensificándose aún más a las 24 horas post-inoculación. A las 6 y 24 h el fungicida con base en propamocarb HCl + fluopicolide, mostró una menor sensibilidad para algunos de los aislamientos evaluados. Focalizándonos en la línea clonal EU\_2\_A1, observamos que la menor eficiencia de control se produce con dimetomorf + mancozeb; mientras que, para los otros dos fungicidas evaluados se presenta un buen control.

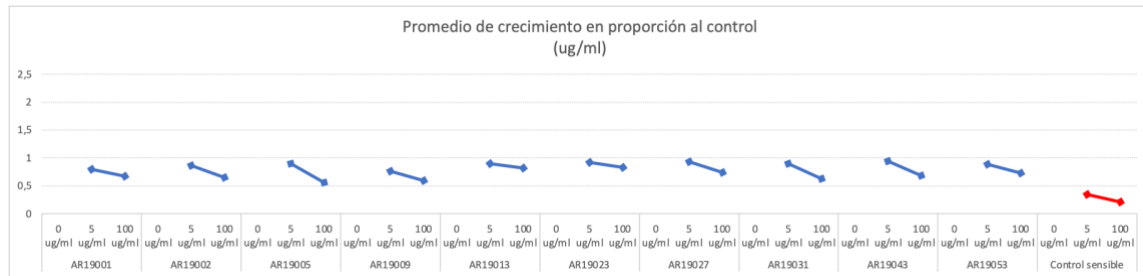
Información complementaria se presenta en el Anexo 2, respecto a los resultados del estudio realizado en Argentina.



**Foto 8. Evaluación de severidad de *P. infestans* en disco de hoja frente a tres fungicidas – Argentina.**

Adicionalmente los estudios de los aislamientos frente al principio activo mefenoxam mostraron que la población de *P. infestans* de Argentina es resistente a este principio activo según se muestra en el Figura 1.

Información complementaria se presenta en el Anexo 2, respecto a los resultados del estudio realizado en Argentina.



**Figura 1. Evaluación de sensibilidad de aislamientos de *P. infestans* en medio de cultivo frente a tres concentraciones de mefenoxam: 0, 5 y 100 ug/ml. Se muestra el promedio de crecimiento en proporción al control – Argentina.**

#### 4. Evaluación de sensibilidad a fungicidas de aislamientos de Panamá

En todos los aislamientos de *P. infestans* evaluados, a las 12 horas de aplicados los fungicidas se observaron lesiones sobre los discos de foliolos de papa. Con metalaxil + mancozeb a las 12 h se registró un promedio de severidad de 2%, incrementándose a 10% a las 48 h. Con las aplicaciones de dimetomorf + mancozeb y cimoxanil + mancozeb, se registró un promedio de 5% de severidad a las 12 horas; transcurridas las 48 horas, dimetomorf + mancozeb se incrementó la severidad a 35% y en el caso de cimoxanil + mancozeb fue de 30%; mientras que, la severidad en los discos sin aplicación de fungicidas fue de 85%. Se determinó sensibilidad de los aislamientos a los fungicidas evaluados.

Información adicional se presenta en el Anexo 3, respecto al estudio realizado en Panamá.

#### 5. Evaluación de sensibilidad a fungicidas de aislamientos de Ecuador

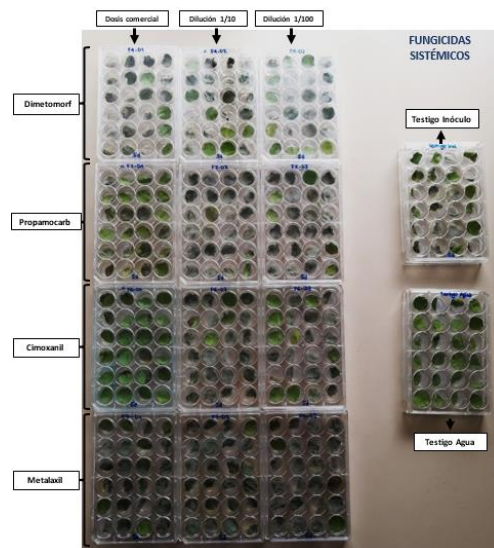
De los resultados obtenidos en el ensayo de sensibilidad en disco de hoja, en el que se evaluaron 50 aislamientos, se determinó que las poblaciones de *P. infestans* evaluadas fueron sensibles a los fungicidas de contacto evaluados, mientras que, el comportamiento de los aislamientos frente a los fungicidas sistémicos, fue heterogéneo. El promedio más bajo de severidad se obtuvo con el fungicida mancozeb (5,11%); mientras que, el porcentaje más alto de severidad resultó frente a metalaxil (69,72%).

Al hacer un promedio general de todos los resultados obtenidos, se identifica que los aislamientos

de *P. infestans* tuvieron reacción de sensibilidad a los fungicidas de contacto mancozeb, clorotalonil, mandipropamid y al fungicida sistémico dimetomorf; además, se determinó resistencia a los fungicidas sistémicos propamocarb y cimoxanil y alta resistencia a metalaxil (Foto 9).

Por otro lado, al evaluar 36 aislamientos *in vitro* frente al fungicida metalaxil, se obtuvo que la población del patógeno evaluada fue resistente este ingrediente activo, debido a que el porcentaje de crecimiento de los aislamientos de *P. infestans* con el fungicida y respecto al testigo fue superior a 60%.

Información ampliada se presenta en el Anexo 4, respecto a resultados del estudio en Ecuador.



**Foto 9. Evaluación de severidad de *P. infestans* en disco de hoja frente a cuatro fungicidas sistémicos – Ecuador.**



## Discusión

En los diferentes estudios realizados sobre la sensibilidad de *P. infestans* a los fungicidas más usados por los agricultores para su control en cada país, se encontró que existe una población importante del patógeno de todos los países que es resistente al fungicida sistémico metalaxil, cuando éste se evaluó puro, mas no cuando se probó combinado con mancozeb, siendo este último un ingrediente activo que puede encubrir la ineficacia del metalaxil.

La pérdida de sensibilidad al fungicida metalaxil, por parte de aislamientos de *P. infestans* se ha ido incrementando a lo largo del tiempo, de acuerdo a evaluaciones en años anteriores, esta situación era esperable, ya que los aislamientos utilizados, corresponden al genotipo 2\_A1 de acuerdo al análisis genético realizado en el presente proyecto, población que se caracteriza por la pérdida de sensibilidad a este fungicida; de igual manera la población EC 1, desde hace varios años se ha identificado resistencia al fungicida metalaxil que se ha ido incrementando con el paso del tiempo.

Al evaluar fungicidas de contacto puros como el mancozeb, clorotalonil y mandipropamid, se determinó que las poblaciones de *P. infestans* se mantienen sensibles, ya que inhibieron el crecimiento micelial del patógeno, siendo eficaces para el control del tizón tardío. Por otro lado, se pudo apreciar niveles iniciales de resistencia a fungicidas sistémicos como dimetomorf, propamocarb y cimoxanil. Ante esta situación, en que algunos fungicidas sistémicos son menos eficientes cada vez, los agricultores incrementan dosis e intervalos de aplicación para conseguir controlar la enfermedad en sus cultivos, sin considerar el daño su salud y al medio ambiente, por lo que es necesario dar recomendaciones de uso adecuado de los fungicidas, realizando rotaciones de los mismos.



## Conclusiones

De este estudio se puede concluir:

- Todos los aislamientos de *P. infestans* en Chile, fueron altamente sensibles a 8 de los 9 fungicidas evaluados: propamocarb HCl + fluopicolide, clorotalonil, mancozeb, zoxamida, ciazofamid, difeconazol + mandipropamid, cimoxanilo y dimetomorf, excepto para el fungicida metalaxil.
- En Argentina, la menor eficiencia de control se produjo con dimetomorf + mancozeb; mientras que, propamocarb HCl + fluopicolide y propamocarb + cimoxanil presentaron un buen control en las poblaciones del patógeno evaluadas. Por su parte toda la población de *P. infestans* mostró ser resistente al mfenoxam.
- Los aislamientos de *P. infestans* evaluados en Panamá, registraron pérdida de sensibilidad a las aplicaciones de fungicidas de acción múltiple (compuestos) (metalaxil-M-mancozeb, dimethomorf + mancozeb, cymoxanil + mancozeb).
- En Ecuador, los fungicidas de contacto evaluados (mancozeb, clorotalonil y mandipropamid) junto al fungicida sistémico dimetomorf resultaron ser los más eficientes frente al patógeno, pero si presentaron resistencia a los fungicidas sistémicos cimoxanil, propamocarb y muy alta resistencia al metalaxil; por ello se recomienda manejar con bajo rotaciones los diferentes ingredientes activos para evitar a futuro mayor pérdida de sensibilidad por parte de las poblaciones de *P. infestans* en el cultivo de papa.
- Se sugiere continuar en forma sistemática el monitoreo de evaluaciones para sensibilidad a fungicidas, utilizando un mayor número de aislamientos, así como, con otros ingredientes activos, para detectar tempranamente cambios en las poblaciones que puedan afectar el control a nivel de condiciones de campo y producir pérdidas productivas.



## Referencias Bibliográficas

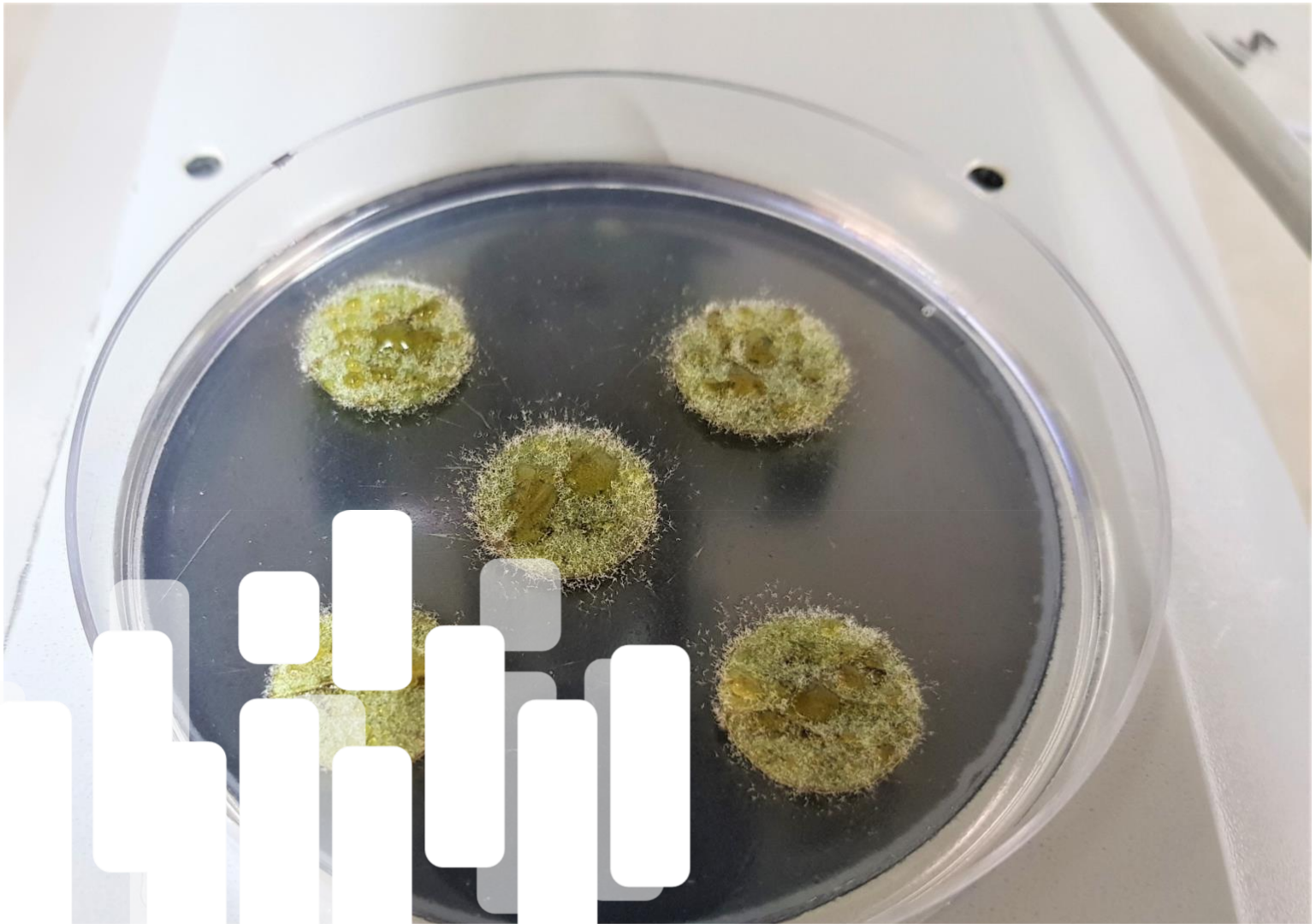
- Acuña, I., Bravo, R. (eds). (2019). “Tizón tardío de la papa: Estrategias de manejo integrado con alerta temprana”. Boletín INIA N°399. Disponible en <https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/6777>
- Acurio, R. (2007). “Control biológico de enfermedades de plantas en América Latina y el Caribe” (W. Bettiol, M. Rivera, P. Mondino, J. Montealegre, & Y. Colmenárez (eds.)). Recuperado de: [http://ugi.espe.edu.ec/ugi/wp-content/uploads/2014/05/Control biológico de enfermedades de plantas](http://ugi.espe.edu.ec/ugi/wp-content/uploads/2014/05/Control_biológico_de_enfermedades_de_plantas)
- Bauske, M. J., Mallik, I., Yellareddygar, S. K. R., y Gudmestad, N. C. (2018). “Spatial and temporal distribution of mutations conferring Qol and SDHI resistance in *Alternaria solani* across the United States”. *Plant Dis.* 102:349–358.
- Escalante, M., & Farrera, R. (2004). “Epidemiología del tizón tardío (*Phytophthora infestans*) de la papa en zonas productoras del estado Táchira Venezuela”. Recuperado de: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_artt](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_artt)
- García, H. G., Marín, M., Jaramillo, S., & Cotes, J. M. (2008). “Sensibilidad de aislamientos colombianos de *Phytophthora infestans* a cuatro fungicidas sistémicos”. *Agronomía Colombiana.* 26(1), 47-57.
- Páez, O., Gómez, L., Brenes, A., & Valverde, R. (2001). “Resistencia de aislamientos de *Phytophthora infestans* al Metalaxyl en el cultivo de la papa en Costa Rica”. *Agronomía Costarricense.* 25(1), 33-44.
- Pérez., W y Forbes., G. (2008). Manual técnico: “El Tizón tardío de la papa”. Disponible en <https://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/08/004271.pdf>
- Schepers H.T.A.M, Kessel G.J.T, Lucca F, Förch M.G, van den Bosch G.B.M, Topper C.G, Evenhuis A. (2018). “Reduced efficacy of fluazinam against *Phytophthora infestans* in the Netherlands”. *Eur J Plant Pathol.* 151(4):947-960.





## **Anexos**

### **Anexo 1 Informe Técnico Chile**



**Producto 20. Base de datos *P. infestans*.**

**Caracterización fenotípica de agente causal, Chile.**

**Ivette Acuña Bravo**



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 Ivette Acuña Bravo y Camila Sandoval Soto.

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

## Resumen

El Tizón tardío causado por *P. infestans* es la enfermedad más devastadora que afecta al cultivo de papa durante cada temporada. Dentro de las principales estrategias para su control se encuentra el control químico, el cual es aplicado de forma regular e intensiva por los productores y muchas veces en exceso. Conocer la sensibilidad del agente causal hacia fungicidas de uso común, es una característica importante del patógeno, ya que permitirá conocer la variabilidad de la población y decidir cuáles serán los productos químicos más eficaces a usar para controlar la enfermedad con un enfoque local. Se realizó un ensayo de laboratorio basado en disco de hojas, utilizando 6 aislamientos de *P. infestans* colectados en la zona papera de Chile, los cuales fueron enfrentados a 9 fungicidas de uso común. Para determinar la sensibilidad, se evaluó el porcentaje de esporulación transcurridos 6 días de la inoculación. Se determinó que los aislamientos locales de *P. infestans* continúan siendo altamente sensibles a los fungicidas de uso común, excepto para el fungicida metalaxil, que presentó pérdida de sensibilidad en todos los aislamientos de *P. infestans* evaluados.

Palabras Clave: Tizón tardío, control químico, fungicidas, sensibilidad.



## Introducción

Tizón tardío causado por *Phytophthora infestans*, es la enfermedad más importante y devastadora de la papa a nivel mundial. Su control depende principalmente de aplicaciones regulares de fungicidas, que consideran la utilización de productos químicos capaces de prevenir la infección o realizar algún tipo de control posterior a la infección (Acuña et al., 2018; Pérez y Forbes., 2008). Actualmente, existe una amplia variedad de productos para este propósito, los cuales, muchas veces son usados de forma excesiva y repetitiva por los agricultores, significando altos costos de producción y serios problemas ambientales (Páez et al., 2001; García et al., 2008).

En las últimas temporadas del cultivo, se ha reportado un aumento en la incidencia y severidad de Tizón tardío, haciendo más difícil su manejo y control. Debido principalmente a la aparición de nuevas variantes con mayor resistencia a fungicidas, mayor virulencia y mayor aptitud parasítica, eventos ocurridos luego de procesos de variación genética del patógeno (Hermansen et al., 2000; Pérez y Forbes., 2008).

Uno de los ejemplos más claros a escala mundial, es lo sucedido con el fungicida sistémico metalaxil, que a pesar de los buenos resultados de control obtenidos, aplicaciones continuas de este producto resultaron en el desarrollo de resistencia de *P. infestans*, documentándose genotipos resistentes en diferentes lugares del mundo, como: en Irlanda, Holanda, Suiza, Estados Unidos, donde se mantuvo controlada la enfermedad hasta el dominio del genotipo US-1 sensible a metalaxilo, escenario que fue revertido, a causa de la aparición de nuevos genotipos resistentes (Matson et al., 2015; Saville et al., 2015; Hermansen et al., 2000).

En Chile, las primeras evidencias de resistencia a metalaxil se detectaron en cultivos de papa establecidos en el año 1997 en la región de La Serena, los cuales, a pesar de la aplicación química para controlar Tizón tardío, fueron severamente afectados (Riveros et al., 2003). Situación similar se observó a partir del año 2005 en las regiones de La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos, detectándose un cambio de genotipo US-1 (sensible a metalaxil) a genotipo 2\_A1 (resistente a metalaxil), mostrando así características genotípicas y fenotípicas diferentes a poblaciones previas (Acuña et al., 2018).

A pesar de la resistencia a fungicidas reportada en diversos estudios, el control químico, sigue siendo una de las estrategias más importantes para contrarrestar los efectos de *P. infestans*, alcanzando en promedio entre 7-20 aplicaciones de fungicidas durante una temporada, según las condiciones ambientales y presión de la enfermedad (Schepers et al., 2015).



Un elemento clave en el manejo de resistencia a fungicidas es el monitoreo de las poblaciones de patógeno, ya que permite conocer su variabilidad, predecir su comportamiento y detectar cambios en la sensibilidad (Bauske et al., 2018; Hermansen et al., 2000; Paez et al., 2001).

Antes de esta iniciativa, en Chile solo se contaba con información de la sensibilidad de aislamientos a metalaxil. Con este producto, se pretende generar información base de sensibilidad frente a los principales productos utilizados para el control de la enfermedad. Así contar con una base de aislamientos locales de *P. infestans* caracterizados fenotípicamente, permitirá establecer estrategias efectivas para el manejo y control de Tizón tardío.

## Objetivos

El objetivo de este estudio fue evaluar la sensibilidad *in vitro* de aislamientos chilenos de *Phytophthora infestans* genotipo 2\_A1 frente a fungicidas de uso común en el control de Tizón tardío.

## Metodología

Para el cumplimiento del objetivo propuesto se evaluó la sensibilidad a fungicidas de 6 aislamientos de *P. infestans* genotipo 2\_A1 (Cuadro 1) frente a la dosis comercial de 9 productos químico de uso común en Chile y sus diluciones seriadas base 10 (Cuadro 2).

**Cuadro 1.** Aislamientos de *P. infestans* utilizados en el ensayo de sensibilidad.

<b>N° aislamiento INIA</b>	<b>Localidad</b>	<b>Temporada</b>
<b>1130</b>	Puqueldón, Chiloé	2019
<b>1128</b>	Puqueldón, Chiloé	2022
<b>1137</b>	Fresia	2022
<b>1138</b>	Ayacara, Chaitén	2022
<b>1144</b>	Osorno	2023
<b>1145</b>	Osorno	2023



### Preparación de material vegetal

Se utilizaron plantas de papa del cultivar Yaike, susceptibles a Tizón tardío, en un estado de prefloración mantenidas en el invernadero de INIA Remehue. Se colectaron hojas del tercio medio de la planta, las cuales fueron depositadas en bolsas plásticas y llevadas al laboratorio de Fitopatología. Desde estas hojas se cortaron trozos con un sacabocado de 15 mm de diámetro, luego estos trozos de folíolos fueron puestos en placas Petri con Agar agua al 0,5%, considerando 5 por cada placa. Las placas Petri con los folíolos se mantuvieron en cámara de crecimiento a 16°C hasta la aplicación del fungicida.

### Preparación y aplicación de los fungicidas.

Los productos fueron disueltos en solventes orgánicos y agua destilada estéril dependiendo del fungicida. Se preparó la dosis comercial, de la cual se prepararon 3 diluciones seriadas en base 10, generándose de esta manera 4 dosis a utilizar en el ensayo: 100 (dosis comercial) – 10 (primera dilución seriada) - 1 (segunda dilución seriada) – 0,1 (tercera dilución seriada).

Todas las soluciones se prepararon el mismo día de la aplicación y se mantuvieron en constante agitación. La aplicación de fungicidas fue realizada de acuerdo a los tratamientos descritos, en orden ascendente de concentraciones sobre los folíolos, utilizando un aspersor de vidrio manual. Luego, estas placas Petri con folíolos aplicados se dejaron semi abiertas por 20 minutos para finalmente almacenarlas en cámara de crecimiento a 16°C hasta la inoculación con *P. infestans*.

**Cuadro 2.** Fungicidas de uso común en Chile para controlar Tizón tardío utilizados en el ensayo.

Fungicida	Ingrediente activo	Dosis comercial	Dosis utilizadas (diluciones base 10 de dosis comercial)
Infinito 687.5 SC	Propamocarb HCl 625 g/L	1,6 L/ha	100 - 10 - 1 - 0,1
	Fluopicolide 62,5 g/L		100 - 10 - 1 - 0,1
Bravo 720	Clorotalonil 720 g/L	1,35 L/ha	100 - 10 - 1 - 0,1
Manzate WG	Mancozeb 800 g/Kg	2,5 Kg/ha	100 - 10 - 1 - 0,1
Zoxamida	Zoxamida	2,5 Kg/ha	100 - 10 - 1 - 0,1
Ranman 400 SC	Ciazofamid 400 g/L	0,2 L/ha	100 - 10 - 1 - 0,1
Revus Top	Difenoconazol 250 g/L	0,6 L/ha	100 - 10 - 1 - 0,1
	Mandipropamida 250 g/L		100 - 10 - 1 - 0,1
Metalaxil	Metalaxil	2 Kg/ha	100 - 10 - 1 - 0,1
Cimoxanilo	Cimoxanilo	2 Kg/ha	100 - 10 - 1 - 0,1
Dimetomorfo	Dimetomorfo	0,5 L/ha	100 - 10 - 1 - 0,1



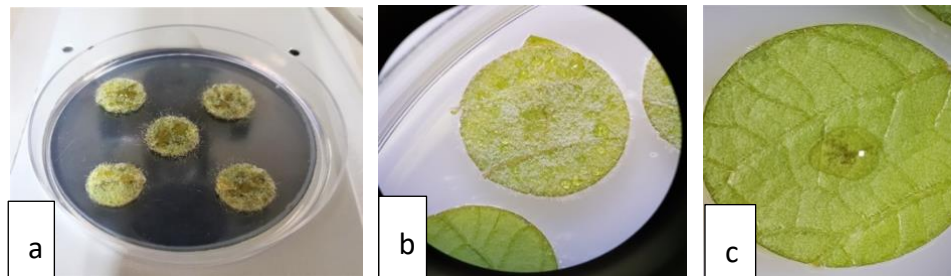
### Preparación de inóculo de *P. infestans* e inoculación

Los aislamientos utilizados en este ensayo (Cuadro 1) fueron inicialmente cultivados en Agar centeno y traspasado a folíolo de papa para su reactivación y crecimiento. Luego de 6 días de crecimiento del patógeno sobre folíolo de papa, estos se lavaron con agua destilada estéril para coleccionar los esporangios, almacenando esta suspensión por 1 hora a 4°C para facilitar la liberación de zoosporas. La concentración de cada suspensión fue ajustada a 20.000 esporangios/mL mediante lectura con hematocitómetro.

La aplicación del patógeno se realizó a la placa Petri utilizando Ecospray, considerando 1 placa por dosis de fungicida con 5 folíolos cada una. Las placas fueron incubadas por 6 días a 16°C dentro de cajas plásticas cubiertas con film plástico bajo un fotoperiodo de 16h luz y 8h oscuridad.

### Evaluación

Las placas se evaluaron bajo lupa para determinar la severidad e incidencia de esporulación y necrosis de tejido en cada folíolo. La severidad se determinó estimando el porcentaje de la superficie del folíolo con presencia de esporangios y el porcentaje de tejido dañado con necrosis. Además, se estimó la incidencia de esporulación y necrosis contabilizando la cantidad de folíolos con esporulación y/o con necrosis en cada placa. Las evaluaciones se realizaron al día 6 post inoculación del patógeno.



**Foto 1.** Evaluación de la severidad e incidencia de esporulación y necrosis del hongo en tejido foliar. Como ejemplo en (a) se muestra una placa Petri con folíolos de papa con esporulación y necrosis, (b) folíolo totalmente esporulado bajo lupa y (c) folíolo con necrosis inicial a causa de *P. infestans*.





## Resultados

Al observar bajo lupa, los folíolos tratados con los diferentes fungidas e inoculados con *P. infestans* transcurridos 6 días de incubación, se determinó un 100% de reducción de esporulación en 8 de los 9 fungidas evaluados: Infinito 687.5 SC, Bravo 720, Manzate WG, Zoxamida, Ranman 400 SC, Revus Top, Cimoxanilo y Dimetomorfo. Esta reducción fue observada a partir de la dosis comercial del producto, la cual, se mantuvo hasta la segunda dilución seriada de la misma (dosis 1). En la última dilución, correspondiente a la milésima parte de la dosis comercial, se pudo observar cierta pérdida de control en los fungidas: Zoxamida, Revus Top, Cimoxanilo y Dimetomorfo (Cuadro 3).

El tratamiento que presentó pérdida de sensibilidad a partir de la dosis comercial, fue el fungida Metalaxil (Cuadro 3). Al analizar, los resultados por aislamiento de *P. infestans*, se puede observar que con los aislamientos 1137 y 1144, ya hubo una pérdida total de sensibilidad a la primera dilución seriada de la dosis comercial (dosis 10) siendo igual al tratamiento sin fungida, mientras que el aislamiento 1138 y 1145 decayeron en la dosis 1 (Cuadro 3 y Figura 1).

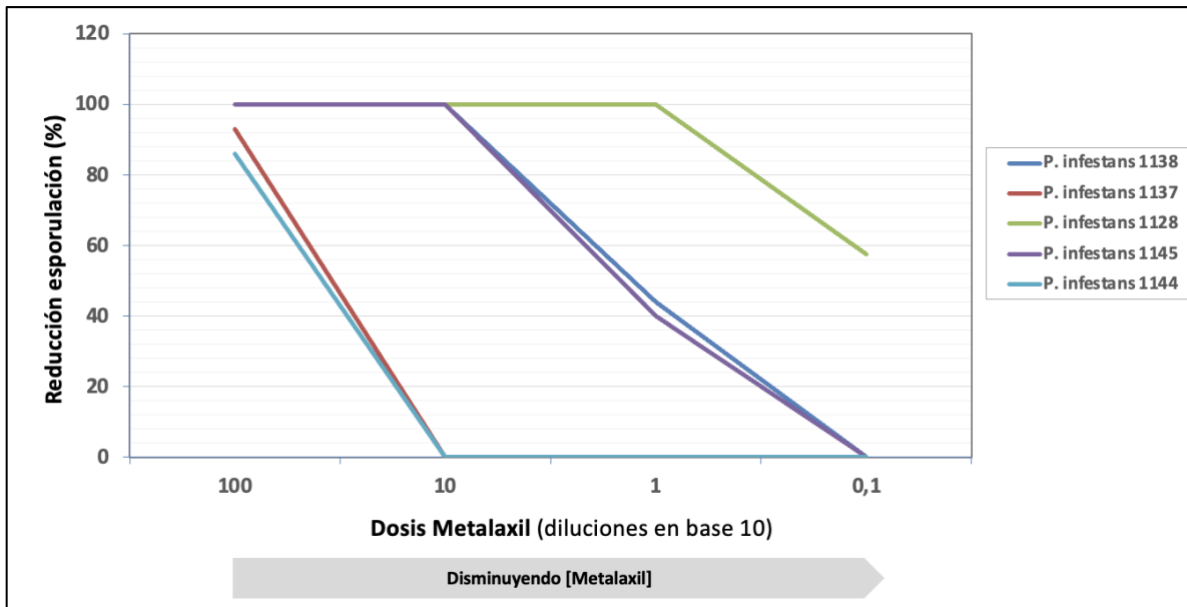
La Figura 1, muestra los discos de hojas inoculados con el aislamiento de *P. infestans* 1145 y tratados con Metalaxil, se puede observar que existe esporulación del hongo a dosis menores del fungida, indicando una pérdida de control a nivel *in vitro*.



**Cuadro 3.** Porcentaje de reducción de esporulación de *P. infestans* frente a los principales fungicidas utilizados para su control obtenido en ensayo de disco de hoja.

Fungicida	Dosis comercial	Aislamientos	Dosis de fungicidas - diluídas en base 10 según dosis comercial				
			100	10	1	0.1	0
Infinito 687.5 SC	1,6 L/ha	1138	100	100	100	100	0
		1137	100	100	100	100	0
		1128	100	100	100	100	0
		1145	100	100	100	100	0
Bravo 720	1,35 L/ha	1137	100	100	100	100	0
		1145	100	100	100	100	0
Manzate WG	2,5 Kg/ha	1137	100	100	100	100	0
		1145	100	100	100	100	0
Zoxamida	2,5 Kg/ha	1138	100	100	100	96	0
		1137	100	100	100	73	0
		1144	100	100	100	0	0
Ranman 400 SC	0,2 L/ha	1138	100	100	100	52	0
		1030	100	100	100	100	0
		1144	100	100	100	100	0
Revus Top	0,6 L/ha	1138	100	100	100	40	0
		1144	100	100	100	0	0
Metalaxil	2 Kg/ha	1138	100	100	44	0	0
		1137	93	0	0	0	0
		1128	100	100	100	58	0
		1145	100	100	40	0	0
		1144	86	0	0	0	0
Cimoxanilo	2 Kg/ha	1138	100	100	100	38	0
		1137	100	100	100	0	0
		1128	100	100	100	12	0
		1145	100	100	100	0	0
		1144	100	100	100	0	0
Dimetomorfo	0,5 L/ha	1138	100	100	100	100	0
		1137	100	100	100	0	0
		1128	100	100	100	78	0
		1145	100	100	100	0	0
		1144	100	100	100	0	0

\*El valor 0 corresponde al tratamiento sin fungicida (testigo).



**Figura 1.** Reducción de esporulación (%) en discos de hoja inoculadas con distintos aislamientos de *P. infestans* frente a diluciones seriadas del fungicida metalaxil.

## Discusión

Con este ensayo *in vitro* se pudo determinar que existe pérdida de sensibilidad de aislamientos de *P. infestans* hacia el fungicida metalaxil. Esta situación era esperable, ya que los aislamientos utilizados, corresponden al genotipo 2\_A1, de acuerdo al análisis genético realizado en esta iniciativa, caracterizado por la pérdida de sensibilidad a este fungicida.

Cabe señalar, que estudios previos realizados por INIA Remehue indican que entre las temporadas 2003/2004 y 2004/2005 todos los aislamientos evaluados resultaron ser sensibles a metalaxil, concordando con la presencia del genotipo US-1, sensible a metalaxil. Sin embargo, los análisis realizados a partir de la temporada 2005/2006 hasta la fecha, han resultado en una pérdida de sensibilidad con valores de  $EC_{50}$  mayores a 100  $\mu\text{g}/\text{mL}$ , mostrando características fenotípicas y genotípicas (genotipo 2\_A1) diferentes a las poblaciones previas. Lo anterior, coincidió con los resultados a nivel de campo, donde los agricultores de la zona expresaron que tuvieron una baja de eficiencia de control del Tizón tardío en su plantación al utilizar productos que contenían metalaxil.



## Conclusiones

Todos los aislamientos de *P. infestans* fueron altamente sensibles a 8 de los 9 fungicidas evaluados: Infinito 687.5 SC, Bravo 720, Manzate WG, Zoxamida, Ranman 400 SC, Revus Top, Cimoxanilo y Dimetomorfo, excepto para el fungicida Metalaxil. Se sugiere ampliar el estudio con más fungicidas y aislamientos.

## Referencias Bibliográficas

- Acuña, I., Bravo, R. (eds). 2019. Tizón tardío de la papa: Estrategias de manejo integrado con alerta temprana. Boletín INIA N°399. Disponible en <https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/6777>
- Bauske, M. J., Mallik, I., Yellareddygar, S. K. R., y Gudmestad, N. C. 2018. Spatial and temporal distribution of mutations conferring QoI and SDHI resistance in *Alternaria solani* across the United States. *Plant Dis.* 102:349–358.
- García, H. G., Marín, M., Jaramillo, S., & Cotes, J. M. 2008. Sensibilidad de aislamientos colombianos de *Phytophthora infestans* a cuatro fungicidas sistémicos. *Agronomía Colombiana.* 26(1), 47-57.
- Hermansen, A., Hannukkala, R., Hafskjold Nærstad R and Brurberg, M. B. 2000. Variation in populations of *Phytophthora infestans* in Finland and Norway: mating type, metalaxyl resistance and virulence phenotype. *Plant Pathology*, 49: 11-22.
- Matson, M. E. H., Small, I. M., Fry, W.E., and Judelson, H. S. 2015. Metalaxyl resistance in *Phytophthora infestans*: Assessing role of RPA190 gene and diversity within clonal lineages. *Phytopathology* 105: 1594-1600.
- Páez, O., Gomez, L., Brenes, A., & Valverde, R. 2001. Resistencia de aislamientos de *Phytophthora infestans* al Metalaxyl en el cultivo de la papa en Costa Rica. *Agronomía Costarricense.* 25(1), 33-44.
- Pérez., W y Forbes., G. 2008. Manual técnico: El Tizón tardío de la papa. Disponible en <https://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/08/004271.pdf>
- Riveros, F., Sotomayor, R., Rivera, V., Secor, G y Espinoza, B. 2003. Resistance of *Phytophthora infestans* (Montagne) de Bary to metalaxyl in potato crops in Northern Chile. *Agric. Téc.* 63(2): 117-124.
- Saville, A., Graham, K., Grünwald, N. J., Myers, K., Fry, W. E., and Ristaino, J. B. 2015. Fungicide sensitivity of U.S. genotypes of *Phytophthora infestans* to six oomycete-targeted compounds. *Plant Dis.* 99:659-666
- Schepers H.T.A.M, Kessel G.J.T, Lucca F, Förch M.G, van den Bosch G.B.M, Topper C.G, Evenhuis A. 2018. Reduced efficacy of fluazinam against *Phytophthora infestans* in the Netherlands. *Eur J Plant Pathol.* 51(4):947-960.

Secretaría Técnica Administrativa



Con el apoyo de:



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

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



**Anexo 2**  
**Informe Técnico Argentina**

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

Caracterización fenotípica de poblaciones de *P. infestans*

Florenca Lucca





Códigos JEL: Q16

ISBN: (Este registro lo realizarán los autores en caso de ser necesario, queda a criterio del líder del proyecto)

FONTAGRO (Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria) es un programa de cooperación administrado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), pero con su propia membresía, estructura de gobernabilidad y activos. Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, FONTAGRO, de sus Directorios Ejecutivos ni de los países que representan.

El presente documento ha sido preparado por [agregar los nombres de los participantes directos de la publicación]

Copyright © 2020 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas. Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional. Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Esta publicación puede solicitarse a:

**FONTAGRO**

Banco Interamericano de Desarrollo  
1300 New York Avenue, NW, Stop W0502  
Washington, D.C., 20577







## Resumen

*Phytophthora infestans* es el organismo causante del tizón tardío de la papa, la enfermedad más importante de la papa. Las poblaciones de *P. infestans* en el mundo están en constante campos.

Los fungicidas juegan un papel crucial en el control integrado del tizón tardío en Argentina. El número promedio de aplicaciones varía por temporada y zona de producción entre de 7 a 20, dependiendo del clima, la presión de la enfermedad y el cultivo.

La necesidad de desarrollar estrategias que aprovechen al máximo opciones alternativas para una protección más sostenible de los cultivos y una mejor administración de los fungicidas es prioritaria. Para ser sostenibles y adoptadas, estas estrategias deben adaptarse a la variabilidad de las poblaciones de *P. infestans* y su rápida evolución, esto incluye un manejo integrado de la enfermedad, que supone que las poblaciones de patógenos sean monitoreadas tanto a nivel de genotipos como de fenotipos, incluidos la virulencia, agresividad y sensibilidad a los fungicidas, entre otras características.

Cuando hay alta presión de la enfermedad y un esquema de aplicaciones químicas sub óptimo, se ponen en riesgo la acción preventiva de los fungicidas.

Se necesita más monitoreo e investigación de la población de *P. infestans* en Argentina y en la región para determinar la sensibilidad reducida de los fungicidas usado en el control y la extensión de esta sensibilidad. Para la práctica agrícola, es importante saber si genotipos emergentes son también más difíciles de controlar utilizando determinados fungicidas en campos comerciales.

En este informe se presentan los resultados de la evaluación de poblaciones de *P. infestans* de cinco líneas clonas, incluidas EU\_2\_A1, dominante en Argentina. Se probó el efecto curativo de tres fungicidas: Acrobat, Infinito y Acrobat, incluyéndose un control sin tratamiento. Con anterioridad de evaluó el efecto curativo a 6 y 24 hs post inoculación. En esta oportunidad, se muestra el efecto curativo a las 48 hs post inoculación

**Palabras Clave:** sensibilidad a fungicidas, caracterización fenotípica, *P. infestans*



## Introducción

Con el objetivo de evaluar la sensibilidad de los clones seleccionados de *P. infestans* a fungicidas de acción preventiva, curativa y erradicante se planteó el siguiente ensayo.

### Materiales y métodos

#### Aislamientos

Se emplearon en este estudio 10 aislamientos de *P. infestans* de 5 genotipos de importancia epidemiológica entre los que se incluyen dos aislamientos de la línea clonal dominante en Argentina EU\_2\_A1 (Tabla 1).

La línea clonal EU\_2\_A1 es de importancia regional por su dominancia en Argentina, Chile y Brasil. Las restantes líneas incluidas en este estudio tienen importancia epidemiológica a nivel mundial, principalmente en Europa.

#### Inóculo

Los aislamientos se multiplicaron en hojas de papa y en rodajas de tubérculos del cv. Spunta. Se realizó una suspensión de esporangios a partir de hojas esporuladas, empleando un extracto de tubérculo de papa frío (en lugar del empleo de agua). El extracto se confeccionó a partir de 75 g de rodajas de papas puestas en ebullición durante 5 minutos en 0.5 litros agua en microondas a máxima potencia. La preparación fue filtrada y se empleó el extracto remanente. La suspensión de esporangio fue de  $2 \times 10^4$  esporangios/ml. Se incubó la suspensión a 4 °C durante 2.5-3 horas para estimular la liberación de zoosporas, previo a su utilización. Se evaluó el % de severidad del tizón tardío en discos de hojas.

### Pruebas de sensibilidad de aislamientos de *Phytophthora infestans*

#### Fungicidas

Se utilizaron tres formulaciones comerciales de fungicidas de acción curativa para evaluar la sensibilidad de la línea base de los aislamientos mediante un ensayo de disco de hoja (Tabla 2).

Inicialmente se aplica una suspensión del inóculo de *P. infestans* sobre los discos de hojas ubicados en cada pocillo de placas de 24 pocillos utilizando un atomizador con tubo de prueba de



cristal (12 ml, NS14/23).

Como unidad experimental se emplearon 24 discos de hojas/tratamiento. Se realizaron dos repeticiones. El ensayo se repitió dos veces. Las placas contaron en cada pocillo con una solución de agar-agua al 1.5%. Los discos de hojas se rociaron hasta que estuvieron completamente cubiertos de finas gotitas de la suspensión esporádica. Después de la inoculación, los discos de hojas se incubaron durante la noche en una cámara climática a 15 °C en la oscuridad. 48 horas posteriores a la inoculación se les aplicó en la cabina de aplicación de fungicidas (diseñada en el marco de este proyecto) los fungicidas reproduciendo las dosis recomendadas por el proveedor. Las placas con discos de hojas se incubaron a 15 °C y 16/8 horas hasta los 7 días desde la inoculación con *P. infestans*. El análisis de varianza (Genstat 18ª edición) se realizó sobre las observaciones de severidad e incidencia en el tiempo evaluado.

El efecto curativo se evaluó en este ensayo a las 48hs, continuando con estudios previos en el que se evaluó a los tiempos 6 y 24hs posteriores a la inoculación de los discos de hojas.

## Resultados

El genotipo 2\_A1 dominante en Argentina, Chile y Brasil, según los últimos reportes de nuestro grupo y también se encuentra dominando regiones de África y Asia. Los resultados preliminares de esta evaluación se muestran a continuación en los Gráfico 1.

Se observa al aplicar estos fungicidas a las 48hs de un evento crítico de infección (en este ensayo definido por el momento de la inoculación), la efectividad disminuye marcadamente para todos los fungicidas evaluados. Con mayor intensidad lo observamos con Acrobat. Esto se correlaciona con los resultados preliminares informados en este proyecto, en donde la acción curativa de Acrobat a las 6hs se había visto disminuida, intensificándose aún más a las 24 horas post-inoculación. A las 6 y 24hs Infinito mostraba una menor sensibilidad en alguno de los genotipos evaluados.

Focalizándonos en la línea clonal EU\_2\_A1, observamos que la menor eficiencia de control se produce con Acrobat. Infinito y Proxanil presentan un buen control, siendo el control más eficiente entre los genotipos evaluados.

Lamentablemente la pandemia limitó el acceso al laboratorio para continuar con los ensayos previos en mayor escala, con más aislamientos y frente a más productos.

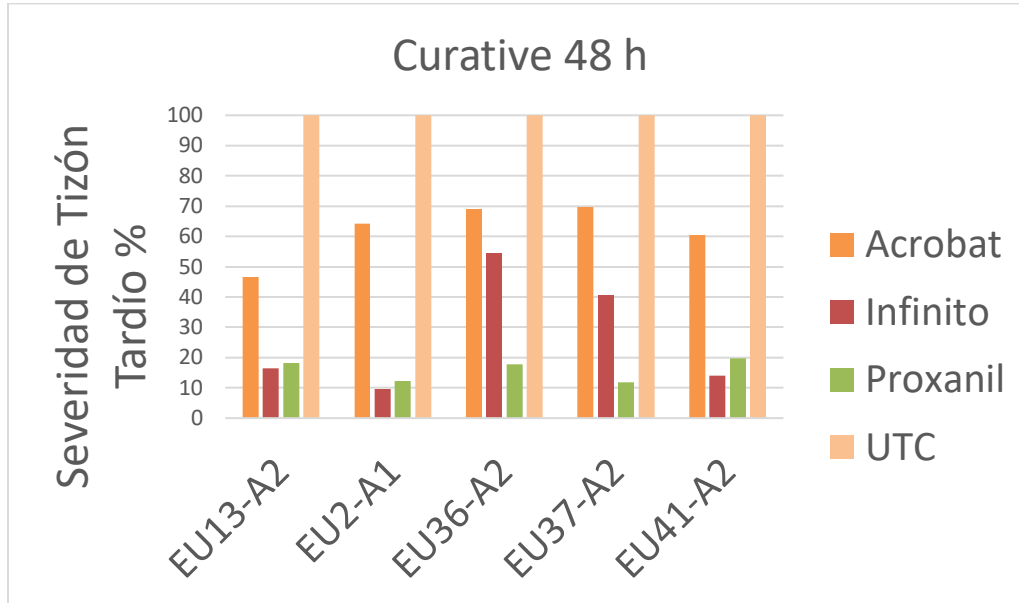


Gráfico 1. Ensayo de sensibilidad a fungicidas de acción curativa (Acrobat, Proxanil e Infinito). Medidas de la severidad del tizón tardío con aplicaciones de fungicidas a las 48 hs post inoculación. UTC= UTC= testigo sin tratar. Genotipos evaluados : EU13\_A2, EU\_2A1, EU37\_A2, EU\_41A2.

**Tabla 1. Aislamientos de *P. infestans* empleados en este estudio**

Genotipos	Año
EU13-A2_1	2017
EU13-A2_2	2018
EU36-A2_1	2018
EU36-A2_2	2017
EU41-A2_1	2019
EU41-A2_2	2018
EU37-A2_1	2019
EU37-A2_2	2019
EU2-A1_1	2010
EU2-A1_2	2016



**Tabla 2. Fungicidas empleados en este estudio.**

<b>Fungicidas</b>	<b>I</b>	<b>Ingredientes activos</b>
Acrobat		dimethomorf + mancozeb
Proxanil		propamocarb + cymoxanil
Infinito		propamocarb hydrochloride + fluopicolide



## Referencias Bibliográficas

Schepers, H.T.A.M., Kessel, G.J.T., Lucca, F. et al. Reduced efficacy of fluazinam against *Phytophthora infestans* in the Netherlands. *Eur J Plant Pathol* 151, 947–960 (2018).  
<https://doi.org/10.1007/s10658-018-1430-y>



## Instituciones participantes



Ministerio de Agricultura,  
Ganadería y Pesca  
Presidencia de la Nación

Secretaría Técnica Administrativa



Con el apoyo de:



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

FONTAGRO  
Banco interamericano de Desarrollo  
1300 New York Avenue, NW, Stop  
W0502, Washington DC 20577  
Correo electrónico: [fontagro@iadb.org](mailto:fontagro@iadb.org)





**Anexo 3**  
**Informe Técnico Panamá**



# **Caracterización fenotípica de aislamientos de *Phytophthora infestans*. Cerro Punta, Panamá.**

## **Producto 20**

**Rodrigo Morales A.**

**2023**



Copyright, licencias CC y Disclaimer.

Códigos JEL: Q16

ISBN: (Rodrigo Morales A., Jorge Muñoz)

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 [agregar los nombres de los participantes directos de la publicación]

Esta publicación puede solicitarse a:

**FONTAGRO**

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

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





## Resumen

El tizón tardío de la papa siempre está presente en las zonas endémicas de producción comercial. La práctica convencional de control por parte de los productores que es el uso indiscriminado de fungicidas, los cuales no suprimen las infecciones foliares. El objetivo de este estudio fue determinar la sensibilidad de aislamientos locales de *Phytophthora infestans* a diversos fungicidas de contacto, sistémicos y compuestos. Se realizó un ensayo en el laboratorio del IDIAP Cerro Punta, utilizándose cinco aislamientos de *P. infestans* del genotipo EU-2A1, colectados en plantas de papa Granola en las localidades de Las Nubes (2), Bajo Grande, La Garita y Cerro Punta. Se multiplicaron en rodajas de tubérculos de Granola, utilizándose la concentración de  $10^4$  esporangios por ml de agua. Se evaluaron los fungicidas compuestos Ridomil Gold 68 WG (metalaxil-M-mancozeb), Acrobat MZ 69 WP (dimethomorf + mancozeb), Curzate 72 WP (cymoxanil + mancozeb) y el testigo comparador sin fungicidas. Los tratamientos fueron dispuestos en el diseño completamente al azar, con cinco repeticiones. La unidad experimental constó de 24 discos de foliolos de papa Granola. Para estimar la sensibilidad de los aislados se utilizó la severidad a 12 y 48 horas después de la inoculación. En todos los aislamientos de *P. infestans*, a las 12 horas de aplicado los fungicidas se observaron lesiones sobre los discos de foliolos. La mayor severidad promedio de 35% se registró a las 48 h de la aplicación del fungicida Acrobat MZ 69 WP. Se determinó que los aislamientos de *P. infestans*, genotipo EU-2A1, registraron pérdida de sensibilidad a las inoculaciones de los fungicidas evaluados. Se sugiere realizar más estudios de sensibilidad de todos los aislamientos disponibles e incluyendo mayor cantidad de fungicidas por modo de acción.

**Palabras Clave:** genotipo, variabilidad, fungicidas, sensibilidad, inoculaciones



## Introducción

El tizón tardío de la papa se encuentra ampliamente distribuida en plantaciones comerciales donde los productores no tienen acceso a alternativas de control y los fungicidas disponibles son costosos, y están perdiendo su efectividad (Hijmans, 2001; Nelson et al., 2001; Andrade-Piedra et al., 2005 I y II; Fry, 2008). Al inicio de 1990, los linajes que contribuyeron a aumentar la amenaza de *P. infestans*, pertenecientes a la nueva migración procedente de su lugar de origen, valle central de Toluca, están relacionados con la susceptibilidad al fungicida metalaxil (Shaw, 1987; Fry et al., 1991). Entre éstos se señalaron el US-6 con tipo de apareamiento A<sub>1</sub>, US-7 con tipo de apareamiento A<sub>2</sub>, y US-8, con tipo de apareamiento A<sub>2</sub> y es el genotipo que ha creado mayores problemas económicos. Muy patogénico al follaje y tubérculos de papa y resistente al metalaxil. La diversidad genética de las poblaciones de *P. infestans* ha sido ampliamente estudiada, utilizando los marcadores biológicos tipos de apareamiento (A<sub>1</sub> y A<sub>2</sub>), ploidía, agresividad, virulencia y resistencia al fungicida metalaxil. La resistencia al metalaxil incluye a todos los fungicidas de composición similar dentro del grupo de las acilalaninas, siendo detectada inicialmente en México por medio del marcador de aloenzimas (Fry et al., 1993). A pesar de que las tácticas de resistencia genética y uso de fungicidas suprimieron las infecciones de tizón tardío, en diversas partes del mundo -entre éstas México- se registraron epidemias severas de tizón tardío, acompañadas por la pérdida de la efectividad de los fungicidas (Nelson et al., 2001).

En las zonas paperas endémicas para las infecciones de *P. infestans* como las de Centro América y Panamá, las condiciones ambientales son ideales para su desarrollo. Esto trae consigo muchas aplicaciones de fungicidas -entre éstos el metalaxil- reportándose intervalos de las aplicaciones de 3 a 8 días, incluso desde antes de la aparición de los primeros síntomas. Es importante realizar estudios científicos de la sensibilidad de la población de *P. infestans* al fungicida metaxil y los fungicidas utilizados por los productores (Páez et al., 2001; García et al., 2005).



## Objetivos

Determinar la sensibilidad de aislamientos locales de *P. infestans* a diversos fungicidas de contacto, sistémicos y compuestos.

## Metodología

Se utilizaron cinco aislamientos de *P. infestans* del genotipo EU-2A1, colectados de lesiones de tizón tardío en plantaciones comerciales de Granola en las localidades de Las Nubes (2), Bajo Grande, La Garita y Cerro Punta. Fueron multiplicados en rodajas de tubérculos de Granola (susceptible), cuyo inóculo y concentración se preparó siguiendo metodología de la literatura especializada (Forbes, 1997; Páez et al., 2001; Schepers et al., 2007; Colon et al., 2014; Lucca and Rodríguez, 2015). La concentración de esporangios por aislado de *P. infestans* fue de  $10^4$ .

En Panamá, los fungicidas disponibles para el control del tizón tardío son compuestos (con diversos modos de acción). Por lo tanto, se procedió a evaluar la sensibilidad de los fungicidas Ridomil Gold 68 WG (metalaxil-M-mancozeb), Acrobat MZ 69 WP (dimethomorf + mancozeb), Curzate 72 WP (cimoxanil + mancozeb) y el testigo comparador sin fungicidas. La dosis de cada fungicida fue de 5g por litro de agua. Los tratamientos fueron dispuestos en el diseño completamente al azar (DCA), con cinco repeticiones. La unidad experimental constó de 24 discos de 15 mm de diámetro de folíolos de papa Granola. El modelo aditivo lineal es el siguiente:

$$\chi_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

$\chi_{ij}$  = es la observación del tratamiento i,

$\mu$  = la media general

$\tau_i$  = efecto del tratamiento i

$\varepsilon_{ij}$  = error residual del tratamiento i

La inoculación de los discos de folíolos de papa y la aplicación de los fungicidas se realizó con un atomizador. Las evaluaciones de severidad se registraron a 12 y 48 horas después de la inoculación. Este ensayo se realizó en el laboratorio de fitopatología del IDIAP Cerro Punta.



## Resultados

En todos los aislamientos de *P. infestans*, a las 12 horas de aplicado los fungicidas se observaron lesiones sobre los discos de foliolos de papa. Con Ridomil Gold 68 WG a las 12 h se registró un promedio de severidad de 2%, incrementándose a 10% a las 48h. Con las aplicaciones de Acrobat MZ 69 WP y Curzate 72 WP, se registró un promedio de 5% de severidad, pero con el primero se incrementó a las 48h hasta un promedio de severidad de 35%, comparado al promedio de 30% con la aplicación de Curzate 72 WP. Con relación a los discos sin aplicaciones de fungicidas la severidad promedio fue de 85%.

## Discusión

Los fungicidas evaluados poseen modo de acción de contacto y sistémico, donde el Ridomil Gold 68 WG realiza su acción en este mismo orden y la molécula de metalaxil se verificó en la residualidad final. Por parte de Acrobat MZ 69 WP cuya rápida acción y el efecto antiesporulante prolongado permitió la presencia de infecciones en el periodo de evaluación establecido. De igual manera se determinó la sensibilidad de los aislamientos al modo de acción de multi sitio del Curzate 72 WP. Este estudio determinó la sensibilidad de los aislados de *P. infestans* a los fungicidas de acción combinada disponibles por los productores de papa de las Tierras Altas de Panamá. Los foliolos de papa sin aplicaciones de fungicidas confirmaron la susceptibilidad de la variedad de Granola que es la más sembrada en Panamá.

## Conclusiones

Los aislamientos de *P. infestans* pertenecientes al genotipo EU-2A1, colectados en diversas localidades de la zona productora de papa en las Tierras Altas de Panamá, registraron pérdida de sensibilidad a las inoculaciones de los fungicidas Ridomil Gold 68 WG (Metalaxil-M-Mancozeb), Acrobat MZ 69 WP (Dimethomorph + Mancozeb), Curzate 72 WP (Cymoxanil + Mancozeb). Todos de acción múltiple (compuestos).



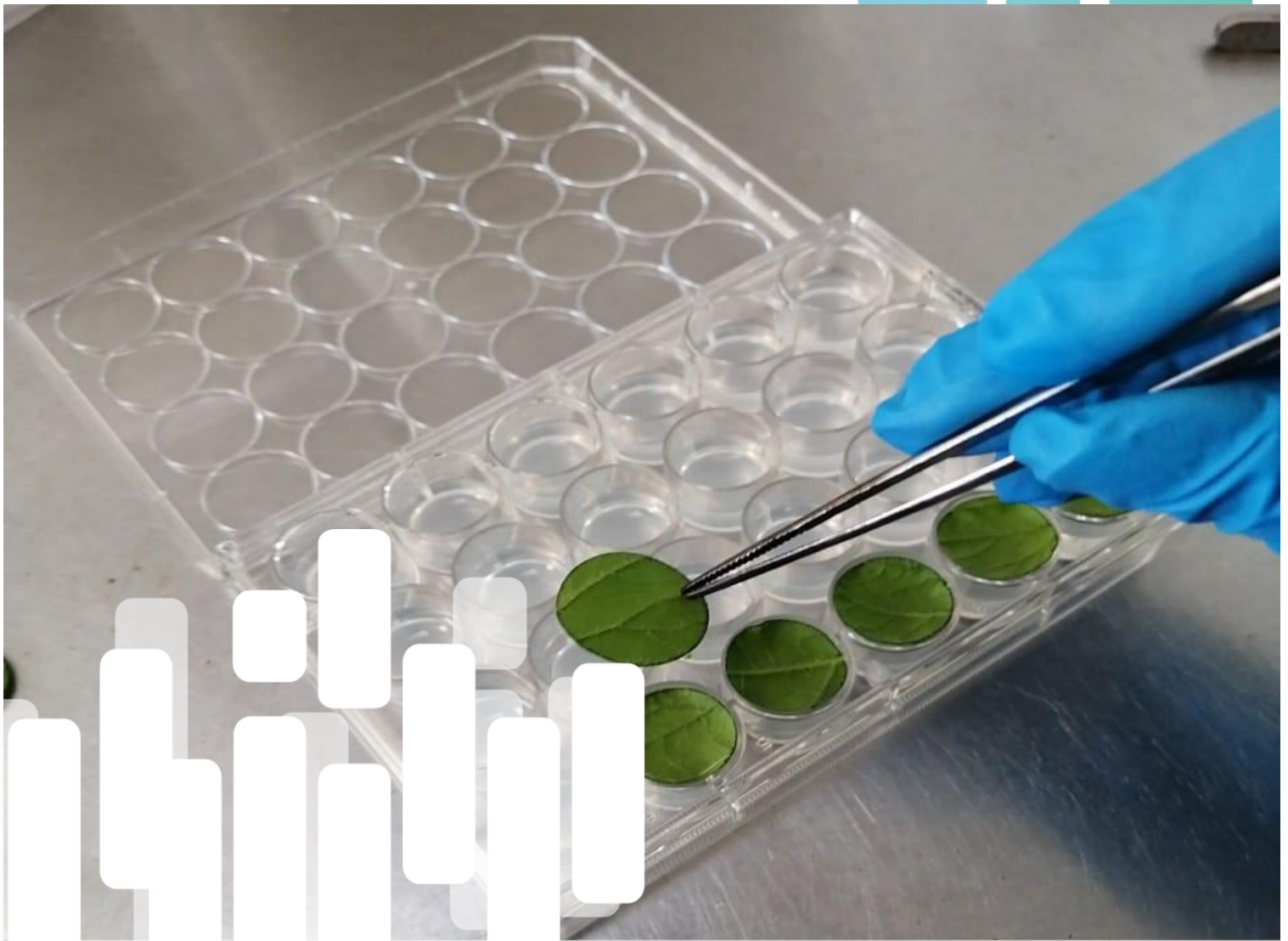
## Referencias Bibliográficas

- Andrade-Piedra, J. L., Hijmans, R. J., Forbes, G. A., Fry, W. E., & Nelson, R. J. (2005). "Simulation of Potato Late Blight in the Andes. I: Modification and Parameterization of the LATEBLIGHT Model". *Phytopathology*. 95 (10), 1191-1199.
- Andrade-Piedra, J. L., Hijmans, R. J., Juárez, H. S., Forbes, G. A., Shtienberg, D., & Fry W. E. (2005). "Simulation of Potato Late Blight in the Andes. II: Validation of the LATEBLIGHT Model". *Phytopathology*. 95 (10), 1200-1208.
- Colon, L., Nielsen, B., & Darsow, U. (2014). "Detached leaf test for foliage blight resistance". EuroBlight Protocol - Version 1.2 - 4 October, 2004.
- Forbes, G. (1997). "Manual for laboratory work on *Phytophthora infestans*". CIP's Training Manual.
- Forbes, G. A., Escobar, X. C., Ayala, C. C., Revelo, J., Ordonez, M. M., Fry, B. A., Doucett, K., & Fry W. E. (1997). Population genetic structure of *Phytophthora infestans* in Ecuador. *Phytopathology*. 87, 375-380.
- Fry, W. E., Drenth, A., Spielman, L. J., Mantel, B. C., Davidse, L. C., & Goodwin, S. B. (1991). Population genetic structure of *Phytophthora infestans* in the Netherlands. *Phytopathology*. 81, 1330-1336.
- Fry, W. E., Goodwin, S. B., Dyer, A.T., Matuszak, J. M., Drenth, A., Sujkowski, L. S., Koh, Y. J., Cohen, B. A., Spielman, L. J., Deahl, K. L., Inglis, D. A., & Sandlan, K. P. (1993). "Historical and recent migrations of *Phytophthora infestans*: cronology, pathways and implications". *Plant Diseases*. 77 (7), 653-661.
- Fry, W. (2008). "*Phytophthora infestans*: The plant (and R gene) destroyer". *Molecular Plant Pathology*. 9, 385-402.
- García, H. G., Marín, M., Jaramillo, S., & Cotes, J. M. (2008). "Sensibilidad de aislamientos colombianos de *Phytophthora infestans* a cuatro fungicidas sistémicos". *Agronomía Colombiana*. 26(1), 47-57.
- Hijmans, R. J. (2001). "Global distribution of the potato crop". *American Journal of Potato Research*. 78, 403-412.
- Nelson, R., Mundt, C., Orrego, R., Ortiz, O., Fredrix, M., Tenorio, J., & Vien, N. V. (2001). "Working with resource-poor farmers to manage plant diseases". *Plant Disease*. 85, 684-695.
- Lucca, M. F., & Rodriguez, J. (2015). "Phytoalert: when less is more. Proceeding of the fifteenth Euroblight Workshop". Brasov, Romania. PPO Special report 17, 243-248.
- Páez, O., Gomez, L., Brenes, A., & Valverde, R. (2001). "Resistencia de aislamientos de *Phytophthora infestans* al Metalaxyl en el cultivo de la papa en Costa Rica". *Agronomía Costarricense*. 25(1), 33-44.
- Páez, O., Valverde, R., Gomez, L., & Brenes, A. (2005). "Diversidad genética de aislamientos de *Phytophthora infestans* en plantaciones de papa en Costa Rica con el uso de RAPDS". *Agronomía Costarricense*. 29(1), 41-55.
- Shaw, D.S. (1987). "The breeding system of *Phytophthora infestans*: the role of the A2 mating type". En Day, P. R., & Jellis, G. J. (pp. 161-174), *Genetics and plant pathogenesis*. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Schepers, H., Nielsen, B., Bradshaw, N., & Bain, R. (2007). "Effectiveness of fungicides against foliage blight caused by *Phytophthora infestans*". EuroBlight Protocol - Version 1.0 - 30 October, 2007.





**Anexo 4**  
**Informe Técnico Ecuador**



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

**PRODUCTO # 20. Base de datos *P. infestans***

**Caracterización fenotípica de agente causal, Ecuador**

**Evelyn Pilicita; Karen Silva; 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)





## Abstract

Late blight, caused by the oomycete *Phytophthora infestans*, is one of the most destructive diseases of the potato crop. Its control is based mainly on the application of fungicides; an inappropriate use of them can generate resistance in the pathogen.

Through the FONTAGRO ANT/RF 16678-RG Project – Early warning of potato late blight, the causal agent was monitored and characterized at a regional level (Chile, Panama, Argentina and Ecuador); In this research, a phenotypic characterization of *P. infestans* populations was developed, regarding the sensitivity of isolates of the pathogen to the fungicides most commonly used in each country.

In Ecuador, the study was carried out at the Department of Plant Protection of INIAP, with the objective of determining "in vivo" the sensitivity of 50 isolates of *P. infestans* and "in vitro" of 36 isolates, a total of 86 isolates from the provinces of Carchi, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua and Chimborazo, to seven fungicides, cymoxanil, dimethomorph, mandipropamid, metalaxil, propamocarb, chlorothalonil and mancozeb, evaluated at three doses. The variables evaluated were: % severity of infection, % incidence of infection, % intensity of sporulation and mean effective concentration at 50% (EC50). As main results, the fungicide that presented the greatest control of *P. infestans* in potato leaf discs, of the Superchola variety, was mancozeb, with a general average of 2.11% in severity of infection; In addition, for the dose-fungicide interaction, mancozeb and high-dose chlorothalonil (commercial dose) presented 0.7% and 4.8% severity percentages, respectively.

When evaluating the sensitivity to fungicides, the sensitivity of the isolates of the pathogen to the fungicides mancozeb, chlorothalonil, mandipropamid and dimethomorph is preserved. It was identified that around 65% of the *P. infestans* isolates evaluated presented resistance to cymoxanil and propamocarb; while 90% of them were resistant to metalaxyl "in vivo" and 100% in the "in vitro" evaluation, registering an EC50 >100 mg/L.

**Keywords:** isolates, EC50, fungicides, resistance



## Resumen Ejecutivo

El Tizón tardío, causado por el oomycete *Phytophthora infestans*, es una de las enfermedades más destructivas del cultivo de papa, su control está basado principalmente en la aplicación de fungicidas; un uso inadecuado de los mismos, puede generar resistencia en el patógeno.

A través del Proyecto FONTAGRO ANT/RF 16678-RG – Alerta temprana del tizón tardío de la papa, se realizó el monitoreo y caracterización del agente causal a nivel regional (Chile, Panamá, Argentina y Ecuador); en esta investigación se desarrolló una caracterización fenotípica de poblaciones de *P. infestans*, respecto a la sensibilidad de aislamientos del patógeno a los fungicidas mayormente utilizados en cada país.

En Ecuador, se realizó el estudio en el Departamento de Protección Vegetal del INIAP, tuvo como objetivo determinar *in vivo* la sensibilidad de 50 aislamientos de *P. infestans* e *in vitro* de 36 aislamientos, en total 86 aislamientos provenientes de las provincias de Carchi, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua y Chimborazo, a siete fungicidas, cimoxanil, dimetomorf, mandipropamid, metalaxil, propamocarb, clorotalonil y mancozeb, evaluados a tres dosis. Las variables evaluadas fueron (a los 5 días después de la inoculación): % severidad de infección, % incidencia de infección, % intensidad de esporulación y concentración media efectiva al 50% (CE50). Como principales resultados, el fungicida que presentó mayor control de *P. infestans* en discos de foliolos de papa, de la variedad Superchola, fue mancozeb, con un promedio general de 2.11% en severidad de infección; además, para la interacción dosis por fungicida, el mancozeb y clorotalonil a dosis alta (dosis comercial), presentaron 0.7% y 4.8% de porcentaje de severidad, respectivamente.

Al evaluar la sensibilidad a fungicidas se conserva la sensibilidad de los aislamientos del patógeno a los fungicidas mancozeb, clorotalonil, mandipropamid y dimetomorf. Se identificó que alrededor del 65% de los aislamientos de *P. infestans* evaluados presentaron resistencia a cimoxanil y propamocarb; mientras que, un 90% de los mismos fue resistente a metalaxil *in vivo* y un 100% en la evaluación *in vitro*, registrando una CE50 >100 mg/L.

**Palabras Clave:** aislamientos, CE50, fungicidas, resistencia



## Introducción

La papa, debido a su adaptabilidad, su capacidad de rendimiento y su contribución nutricional, y como un componente importante de los sistemas de cultivo diversificados, tiene una larga historia de ayudar a aliviar la inseguridad alimentaria y contribuir a mejorar los ingresos de los hogares en tiempos de crisis y expansión de la población actual; se estima que al año actual se producen aproximadamente 341 millones de toneladas del tubérculo a nivel mundial (Devaux et al., 2021).

Uno de los problemas bióticos importantes de la papa es el tizón tardío, ocasionado por el oomicete *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, causante de pérdidas entre el 30% al 100% del rendimiento en pocos días (Oyarzun et al., 2001); siendo un patógeno que constantemente presenta inóculo y puede sobrevivir a temperaturas entre 15 a 22°C, con una humedad relativa mayor al 80% (Escalante & Farrera, 2004).

Una práctica en el manejo integrado es el uso de variedades resistentes a tizón tardío (Oyarzun et al., 2001), sin embargo, las variedades cultivadas en su mayoría son susceptibles y la intervención en el país se basa en el control químico, usando mezclas de fungicidas, las cuales sobre dosifican los agricultores al realizar más de 13 aplicaciones en cada ciclo del cultivo (Forbes et al., 2014), esto ha generado resistencia genética a ingredientes activos de algunos fungicidas (Pérez & Forbes, 2008).

Por el mal uso de los ingredientes activos, la efectividad de estos productos se ha ido reduciendo progresivamente, dando como resultado mutaciones en el patógeno, debido a la alta presión de selección ejercida por el uso continuo de dichas moléculas (Acurio, 2007).

Los sistemas agrícolas ven afectada su competitividad y sostenibilidad debido al fenómeno de resistencia de los fitopatógenos a los fungicidas. La posible continuidad de pérdida de control por parte de los fungicidas contra los hongos y oomicetos que controlan da relevancia a la necesidad de vigilar constantemente los niveles de sensibilidad a estos ingredientes activos en los cultivos que son utilizados. Esta investigación pretende apoyar a un manejo integrado del tizón tardío de la papa, a partir del monitoreo de los niveles de sensibilidad de aislamientos del patógeno a fungicidas, como una herramienta, para dar recomendaciones técnicas.



## Objetivos

### Objetivo General

Evaluar la sensibilidad a fungicidas de poblaciones de *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary aisladas de cultivos de papa (*Solanum tuberosum* L.).

### Objetivos Específicos

- Determinar la sensibilidad *in vivo* de poblaciones de *P. infestans* (50 aislamientos) a los ingredientes activos dimetomorf, propamocarb, metalaxil, cimoxanil, mandipropamid, mancozeb y clorotalonil.
- Determinar la sensibilidad *in vitro* de poblaciones de *P. infestans* (36 aislamientos) al ingrediente activo metalaxil.

## Metodología

La evaluación de la sensibilidad de poblaciones de *P. infestans* a fungicidas se realizó en Ecuador, en el Departamento de Protección Vegetal del INIAP. Se partió de realizar una colecta de muestras en campo de hojas de plantas de papa con síntomas de tizón tardío para obtener aislamientos de *P. infestans*, en total se obtuvieron 86 aislamientos, provenientes de las provincias de Carchi, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Azuay y Chimborazo.

En primer lugar, se realizó una evaluación de la sensibilidad a fungicidas *in vivo*, de 50 aislamientos (20 aislamientos en el año 2021; 30 aislamientos en el año 2022) mediante ensayo en placa de discos de hojas. Para lo cual, se utilizó como unidad experimental una caja de cultivo celular conteniendo 24 discos de hojas sanas de papa, variedad Superchola, de 15 mm de diámetro, se dispuso el experimento en DCA con dos repeticiones. Los factores en estudio fueron a) fungicidas: tres de contacto (mancozeb, clorotalonil y mandipropamid) y cuatro sistémicos (dimetomorf, metalaxil, propamocarb y cimoxanil); b) dosis: se utilizaron tres dosis, a una escala exponencial (dosis alta, media y baja), siendo la dosis alta la dosis comercial de cada ingrediente activo.

Cada aislamiento se multiplicó, reactivó y se ajustó a una suspensión de esporangios de 20 000 esporangios/ml, la cual fue aplicada a las unidades experimentales mediante un aerógrafo. Los fungicidas de contacto se aplicaron 24 horas antes de la inoculación de cada aislamiento; mientras que, los fungicidas sistémicos, se aplicaron 48 horas luego de la inoculación. Las unidades experimentales, aplicadas los diferentes tratamientos se incubaron a 18°C con fotoperíodos de



luz/oscuridad de 16/8 horas. Al quinto día de incubación se evaluaron las variables, porcentaje de severidad, intensidad de esporulación y con la información obtenida se calculó la CE50 utilizando el programa RStudio versión 2016.

Por otro lado, se realizaron pruebas de sensibilidad *in vitro* de 36 aislamientos al fungicida metalaxil, donde la unidad experimental consistió en una caja Petri con medio de cultivo agar centeno, enmendado con metalaxil, en tres dosis 1, 10 y 100 ppm, en el cual se sembró un disco de 5 mm de agar centeno con cada uno de los aislamientos en estudio. El experimento se dispuso en DCA con cinco repeticiones, las variables evaluadas fueron a) diámetro de crecimiento, evaluado a los 7 y 12 días después de la siembra, tomando dos diámetros perpendiculares en cada medición y b) sensibilidad a los fungicidas, mediante el cálculo de la CE50. Tanto en la evaluación *in vivo* como *in vitro*, se caracterizó a los aislamientos por su sensibilidad de acuerdo a la escala referencial propuesta por Shattock (1988), de acuerdo al % de crecimiento de los tratamientos respecto al testigo.

## Resultados

### Ensayo de evaluación *in vivo* en placa de discos de hojas

Del análisis de los resultados se determinó que las poblaciones de *P. infestans* evaluadas tuvieron respuesta de sensibilidad a los tres fungicidas de contacto evaluados, mientras que, el comportamiento de los aislamientos frente a los fungicidas sistémicos, fue heterogéneo.

Para porcentaje de severidad, el promedio más bajo lo obtuvo el fungicida mancozeb (5,11%); mientras que, el porcentaje más alto de severidad resultó frente a metalaxil (69,72%). De igual manera, el porcentaje de esporulación más bajo (5,66%) se obtuvo con el uso de mancozeb, por el contrario, el porcentaje más alto (41,41%) resultó cuando se utilizó metalaxil (Cuadro 1).





**Cuadro 1. Promedios de porcentaje de severidad y esporulación en la evaluación de sensibilidad de 50 aislamientos de *P. infestans* a fungicidas.**

<b>Ingrediente activo</b>	<b>% Severidad</b>	<b>Esporulación</b>
Metalaxil	69,72 a	41,41 a
Cimoxanil	57,2 b	31,8 b
Propamocarb	43,56 b	26,74 c
Dimetomorf	25,47 c	26,52 c
Mandipropamid	9,82 d	2,33 d
Clorotalonil	8,84 d	1,96 d
Mancozeb	5,11 d	5,66 d

Con el cálculo de la concentración efectiva media (CE50), se determinó que para lograr inhibir el 50% de la supervivencia de *P. infestans*, los fungicidas mancozeb, mandipropamid, clorotalonil y dimetomorf requieren una concentración más baja que la dosis alta utilizada, al contrario de propamocarb, cimoxanil y metalaxil que requieren una concentración más alta.

Al hacer un promedio general de todos los resultados obtenidos, se identifica que los aislamientos de Pichincha, Tungurahua, Cotopaxi, Carchi, Azuay y Chimborazo tuvieron reacción de sensibilidad a los fungicidas de contacto y al fungicida sistémico dimetomorf; resistencia a los fungicidas sistémicos propamocarb y cimoxanil y alta resistencia a metalaxil (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Promedios de concentración efectiva media para cada ingrediente activo y nivel de sensibilidad.**

<b>Ingrediente activo</b>	<b>% Crecimiento</b>	<b>Sensibilidad</b>
<b>Mandipropamid</b>	6,58 a	Sensibles
<b>Mancozeb</b>	4,19 a	Sensibles
<b>Clorotalonil</b>	5,46 a	Sensibles
<b>Dimetomorf</b>	18,03 b	Sensibles
<b>Propamocarb</b>	50,64 c	Resistentes
<b>Cimoxanil</b>	61,91 c	Resistentes
<b>Metalaxil</b>	72,20 d	Muy resistentes



### **Ensayo de evaluación *in vitro* de sensibilidad a metalaxil**

Se determinó que los 36 aislamientos evaluados, provenientes de las provincias de Pichincha, Tungurahua, Cotopaxi, Chimborazo y Riobamba, en su totalidad fueron resistentes al ingrediente activo metalaxil, debido a que el porcentaje de crecimiento de los aislamientos de *P. infestans* con el fungicida y respecto al testigo fue superior a 60% (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Porcentaje de crecimiento de aislamientos de *P. infestans* de cada provincia con relación al testigo.**

<b>Provincia</b>	<b>Crecimiento respecto al testigo [%]</b>	<b>Sensibilidad</b>
<b>Pichincha</b>	71,83	Resistente
<b>Tungurahua</b>	69,19	Resistente
<b>Cotopaxi</b>	72,04	Resistente
<b>Chimborazo</b>	62,28	Resistente
<b>Riobamba</b>	70,77	Resistente

## **Discusión**

En las pruebas con mancozeb, clorotalonil y mandipropamid, fungicidas de contacto, se determinó que el 100% de aislamientos de *P. infestans* evaluados fueron sensibles, inhibieron el crecimiento micelial de las poblaciones del patógeno evaluadas; mientras que, respecto a los fungicidas sistémicos, se determinó que aún existe sensibilidad de *P. infestans* al dimetomorf, pero si se encontró resistencia a los ingredientes activos propamocarb y cimoxanil; y alta resistencia a metalaxil, al ser los fungicidas que mayormente se han utilizado en los últimos años de forma continua sin un esquema de rotaciones, lo que ha ocasionado esta pérdida de sensibilidad. En estudios previos, de ciclos 2012, 2016, 2018, ya se han identificado aislamientos de *P. infestans* en Ecuador, con resistencia a metalaxil, sin embargo, representaban alrededor del 60% de la población del patógeno, en la actualidad se determinó que el 100% de aislamientos ya es resistente a este principio activo. Frente a esta situación, los fungicidas son menos eficientes cada vez y los agricultores frente a esto incrementan dosis e intervalos de aplicación, perjudicando su salud, el medio ambiente y su economía.



## Conclusiones

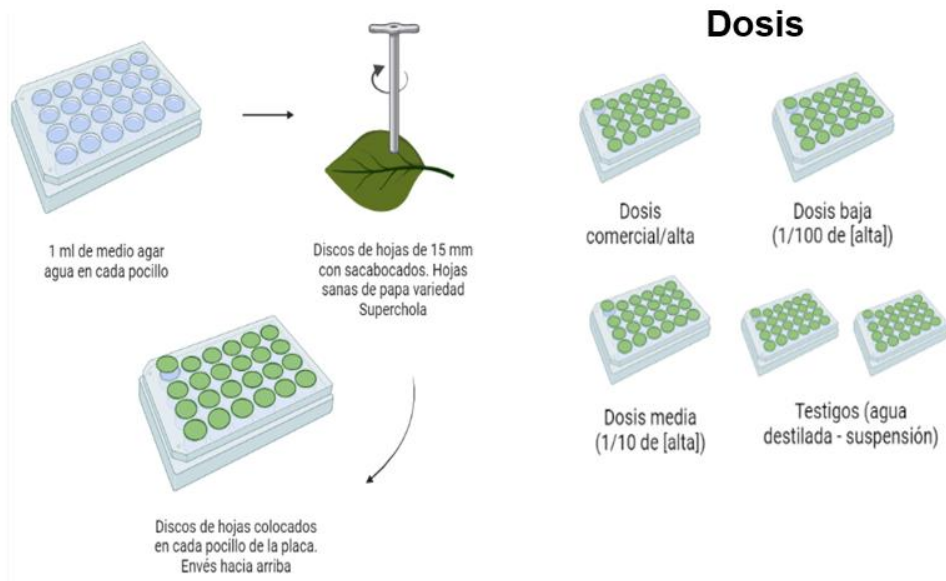
Los fungicidas de contacto o preventivos evaluados y el fungicida sistémico dimetomorf resultaron ser los más eficientes frente al patógeno; es decir, no se encontró resistencia a estos en las poblaciones de *P. infestans* estudiadas, pero si presentaron resistencia a los fungicidas sistémicos cimoxanil, propamocarb y muy alta resistencia al metalaxil; por ello se recomienda manejar con bajo rotaciones los diferentes ingredientes activos para evitar a futuro mayor pérdida de sensibilidad por parte de las poblaciones de *P. infestans* en el cultivo de papa.

## Referencias Bibliográficas

- Acurio, R. (2007). "Control biológico de enfermedades de plantas en América Latina y el Caribe" (W. Bettiol, M. Rivera, P. Mondino, J. Montealegre, & Y. Colmenárez (eds.)). Recuperado de: [http://ugi.espe.edu.ec/ugi/wp-content/uploads/2014/05/Control biológico de enfermedades de plantas](http://ugi.espe.edu.ec/ugi/wp-content/uploads/2014/05/Control_biologico_de_enfermedades_de_plantas)
- Devaux, A., Goffart, J.-P., Kromann, P., Andrade-Piedra, J., Polar, V., & Hareau, G. (2021). The Potato of the Future: Opportunities and Challenges in Sustainable Agri-food Systems. *Potato Research*, 64(4), 681-720.
- Escalante, M., & Farrera, R. (2004). "Epidemiología del tizón tardío (*Phytophthora infestans*) de la papa en zonas productoras del estado Táchira Venezuela". Recuperado de: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_artt](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_artt)
- Forbes, G. A., Pérez, W., & Andrade Piedra, J. (2014). "Evaluación de la resistencia en genotipos de papa a *Phytophthora infestans* bajo condiciones de campo": *Guía para colaboradores internacionales*. Recuperado de: <https://doi.org/10.4160/9789290604501>
- Pérez, W., & Forbes, G. (2008). "El tizón tardío de la papa" (Centro Internacional de la Papa (ed.)). cipotato. Recuperado de: <http://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/08/004271.pdf>
- Shattock, R. C. (1988). Studies on the inheritance of resistance to metalaxyl in *Phytophthora infestans*. *Plant Pathology*, 37(1), 4-11.

# Anexos

## Anexo 1. Esquema de ensayo en placa con disco de hoja para evaluación *in vivo*.



## Anexo 2. Variables evaluadas para determinar la sensibilidad de *P. infestans* a fungicidas.

**Porcentaje de incidencia de infección**

Infección - 100      Sin infección - 0

**Porcentaje de severidad de infección**

Porcentaje individual de 1 a 100

**Porcentaje de esporulación**

Sin esporulación - 0      Esporulación media - 50      Esporulación alta - 100

**Concentración efectiva media (CE50)**

• Regresión Logit  
• Software estadístico Infostat

Determinación de sensibilidad/resistencia:  
Escala de Shattock

**Escala de Shattock**

Nivel de sensibilidad	Crecimiento respecto al testigo absoluto
Sensible	Menor que 10%
Intermedio	Entre 10 y 60%
Resistente	Mayor que 60%

P

Secretaría Técnica Administrativa



Con el apoyo de:



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

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