

**Alerta temprana para el manejo del Tizón tardío
de la papa. ATN/RF 16678 RG
Producto 9. Validación del sistema de alerta
temprana en Chile.**

Ivette Acuña B.

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 Ivette Acuña B., Rodrigo Bravo H., Alejandra Bermúdez S. y Sandra Mancilla R.

Esta publicación puede solicitarse a:

FONTAGRO

Correo electrónico: fontagro@fontagro.org

www.fontagro.org



Tabla de Contenidos



Abstract..... 4

Resumen 5

Introducción..... 6

Objetivos..... 7

Metodología..... 7

Resultados..... 11

Discusión 28

Conclusiones 30

Referencias Bibliográficas..... 31



Abstract

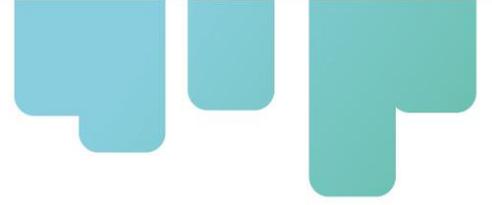
Potato late blight, caused by *Phytophthora infestans*, is the most important disease affecting the potato crop in the world, decreasing yield by more than 50%. It is a disease that occurs under conditions of moderate temperatures and high relative humidity. Early warning systems are tools that use models based on environmental conditions to predict the risk of disease development. In Chile, early warning system for late blight was developed and implemented and it is available on the <http://tizon.inia.cl> platform.

The objective of this work was the validation of this system in the Chiloe Archipelago, Los Lagos Region, Chile, in order to implement an integrated disease management under these environmental conditions. Field experiments have been conducted to validate the alerts, determine efficacy of alternative chemical control and varietal resistance in native potato cultivars of the Island.

Preliminary results show that the use of an early warning system can reduce the number of fungicide applications by 65.6% compared to a calendar schedule control, and therefore, reduce the environmental impact by 65.3% and fungicide costs by 67.7%, with a level of control and performance like calendar schedule control. Additionally, it was determined that the varietal resistance of native potatoes of Chiloe, under the conditions of the seasons evaluated, are susceptible to late blight, with some exceptions.

Accordingly, the use of information based on early warnings helps farmers to carry out chemical control in a timely and efficient manner and only when necessary. Thus, this information, together with training in integrated management and best agricultural practices, promotes adaptation and mitigation to climate change for the sustainable intensification of potato production.

Key words: Early warning system, Integrated pest management, Late blight, Potato diseases.



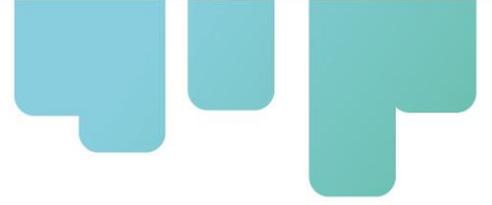
Resumen

El tizón tardío de la papa, causado por *Phytophthora infestans*, es la enfermedad más importante que afecta el cultivo de papa en el mundo, disminuyendo el rendimiento en más del 50%. Es una enfermedad que se presenta bajo condiciones de temperaturas moderadas y alta humedad relativa. Los sistemas de alerta temprana son herramientas que utilizan modelos basados en condiciones ambientales para predecir el riesgo de desarrollo de la enfermedad. En Chile se desarrolló e implementó un sistema de alerta temprana para tizón tardío, el cual está disponible en la plataforma <http://tizon.inia.cl>. El objetivo de este trabajo es la validación de este sistema en el Archipiélago de Chiloé, Región de Los Lagos, Chile, con el fin de implementar un paquete de manejo integrado para las condiciones del lugar. Se han realizado experimentos de campo para validar las alertas, determinar eficacia de control químico alternativo y resistencia varietal en cultivares nativos de papa de la Isla.

Los resultados preliminares muestran que el uso de un sistema de alerta temprana es capaz de disminuir la cantidad de aplicaciones en un 65,6% respecto a un control a calendario fijo, y por lo tanto, reducir el impacto ambiental en un 65,3% y los costos de fungicidas en un 67,7%, con un nivel de control y rendimiento similar al control a calendario fijo. Adicionalmente, se determinó que la resistencia varietal de las papas nativas de Chiloé, bajo las condiciones de las temporadas evaluadas, es en general, susceptible a tizón tardío, con algunas excepciones.

Se puede comentar que el uso de información basada en alertas tempranas ayuda a los agricultores a realizar un control químico en forma oportuna y eficiente y solo cuando es necesario. Así, esta información, junto a capacitaciones en manejo integrado y buenas prácticas agrícolas, fomenta la adaptación y mitigación al cambio climático para la intensificación sostenible de la producción de papa.

Palabras Clave: Alerta temprana, Enfermedades de la papa, Manejo integrado, Tizón tardío

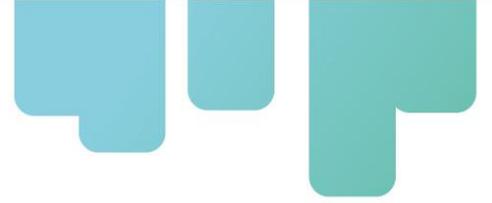


Introducción

El Tizón tardío (*Phytophthora infestans*) es una de las enfermedades más importantes y devastadoras del cultivo de la papa, debido los daños económicos que ha generado y puede generar a las empresas agrícolas en el mundo. Para enfrentar el problema se han utilizado diversas alternativas de manejo, siendo el uso de productos químicos fungicidas la más usada. Muchas veces estas aplicaciones de fungicidas se realizan en forma frecuente, calendarizadas cada 3, 5, 7 o 10 días durante toda la temporada. Es más, a veces las aplicaciones se comienzan desde el momento en que aparecen los síntomas de la enfermedad, es decir, cuando el hongo ha colonizado, desarrollado y crecido produciendo los primeros daños a las hojas del plantel de papa. Estas estrategias tienen una gran debilidad en cuanto a que no incorporan las características de resistencia de las variedades, de los fungicidas y otras medidas de manejo preventivo que permitiría eventualmente reducir los costos de aplicación, controlando efectivamente la incidencia de la enfermedad.

A partir del conocimiento que se ha realizado del ciclo del tizón tardío y las condiciones ambientales que necesita para su desarrollo, crecimiento y propagación, se han elaborado diferentes modelos que intentan predecir el momento de aparición de la enfermedad a partir de un conjunto de datos ambientales pre-disponibles para su desarrollo, en presencia del hospedero. La validación de estos modelos, el conocimiento del ciclo de vida, las características de mayor o menor resistencia a la enfermedad de las plantas, ha permitido integrar estrategias de manejo que permiten realizar un uso racional de fungicidas, lo que en ciertas temporadas puede ser más económico y más amigable con el medio ambiente. Sin embargo, estos modelos son por sobre todo una herramienta de apoyo a las decisiones, que se enmarcan en un conjunto de medidas necesarias para el manejo de la enfermedad y el uso racional de pesticidas. Siendo de alto valor para el control de la enfermedad en cuanto logren predecir adecuada y oportunamente el momento en que existen las condiciones para el desarrollo de la enfermedad. El Tizón Tardío es un oomyceto que se ve favorecido bajo ciertas condiciones ambientales que estimulan su desarrollo, crecimiento y propagación en la planta. Dado esto, se han construido modelos que permiten pronosticar el momento en que se presentan las condiciones ambientales para la infección y con ello tener la información para realizar las medidas de manejo que permitan minimizar la incidencia y el daño que puede provocar sobre el cultivo. Todos los modelos que se utilizan relacionan la humedad relativa, la temperatura y las precipitaciones ocurridas para señalar si existen o no las condiciones para el desarrollo de la enfermedad, mediante el cumplimiento del ciclo de reproducción y se diferencian en los requerimientos de datos.

El sistema de alerta temprana para el tizón tardío se comenzó a desarrollar en Chile el año 2003 con la validación en la Región de Los Lagos y la Araucanía, con el apoyo de la Fundación para la Innovación Agraria FIA, INIA y el sector privado, existiendo un primer prototipo el 2007, el cual utilizaba la información de 10 estaciones meteorológicas de la Red INIA y la creación de una plataforma web para la información. Posteriormente, el sistema fue abarcando otros sectores de



la zona sur de Chile y ampliando la red de estaciones y mejorando la difusión de la información. Hoy en día, el sistema está disponible desde la Región del Bío Bío al norte hasta La Isla de Chiloé en el sur, con la información de 54 estaciones meteorológicas, 5000 usuarios registrados y difusión de la información a través de plataforma web <https://tizon.inia.cl>, correo electrónico y mensajería de texto al celular de los usuarios.

Cabe destacar que para implementar un sistema de alerta temprana es muy importante considerar la difusión de la información y cómo esta se debe interpretar por parte del usuario. Es así como a través de los años hemos detectado que, en el archipiélago de Chiloé, el tizón tardío es la enfermedad más importante de la papa, y que los agricultores están comenzando a utilizar fungicidas para el control de este problema, dado las nuevas alternativas de mercado que se presentan, por lo que es relevante que puedan implementar el sistema de alerta temprana como herramienta de apoyo a la toma de decisiones para un uso racional y oportuno del control químico.

Objetivos

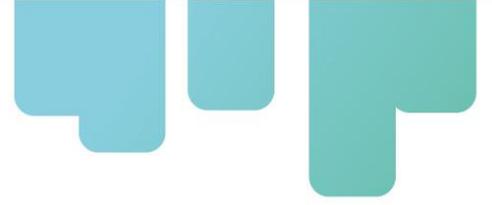
Validar el sistema de alerta temprana INIA Chile bajo las condiciones de la Isla de Chiloé para elaborar una estrategia de manejo basado en alertas.

Metodología

Para validar el sistema se utilizó información meteorológica de la Red de estaciones INIA <http://agrometeorologia.cl>. La Isla de Chiloé cuenta hoy con 6 estaciones automáticas conectadas en tiempo real, cuyos datos son procesados diariamente con el sistema de alerta temprana INIA <http://tizón.inia.cl>. El usuario al acceder a la plataforma puede observar si las condiciones son favorables para el desarrollo de la enfermedad, según colores: Rojo: muy favorable; naranja: favorable; amarillo: media y verde: sin condición favorable. El usuario en base a esta información toma la decisión de aplicar fungicida, según el conocimiento de productos y susceptibilidad varietal. Además, el sistema muestra la condición de pronóstico a 3 días (Foto 1 y 2).

Para cumplir con el objetivo planteado, durante las temporadas 2018-19 y 2022-23 se realizaron una serie de experimentos de campo. Así, parcelas experimentales se establecieron en la Estación experimental Butalcura en Chiloé (-42.26135, -73.65145) y en el Centro Regional de Investigación Remehue de Osorno, (-40.51995, -73.06658), ambos de INIA, para validar el sistema de alerta bajo diferentes condiciones. Durante las temporadas 2020-21 a la 2022-23 se trabajó solo en INIA Remehue, debido a las restricciones que se presentaron por la pandemia del COVID 19 que limitó el desplazamiento hacia Chiloé.

Se utilizó un diseño experimental de parcelas divididas en bloques completamente al azar con 4



repeticiones. Se utilizó cultivares susceptibles, medianamente susceptible y medianamente resistentes como los factores de parcelas principales y 3 estrategias de tratamiento químico como los factores de subparcelas. Las unidades experimentales corresponden a parcelas de 4 hileras de 20 plantas cada una. Las tres estrategias químicas se basan en aplicar según: un testigo sin aplicaciones fungicidas, calendario fijo de aplicaciones cada 7 días y aplicación según sistema de alerta temprana. En este último caso, las aplicaciones se realizaron bajo condiciones roja y naranja del sistema. Los fungicidas utilizados fueron: Clorotalonil 72% (Bravo 720) en dosis de 1,5 l/ha y Propamocarb HCL 625 gr/L + Fluopicolide 2,5 gr/L (Infinito 687,5 SC).

Por último, se establecieron dos experimentos para determinar la susceptibilidad a tizón tardío de cultivares nativos de papa chilota (*Solanum tuberosum grupo chilotanum*) y cultivares comerciales. Se evaluó un total de 10 variedades chilotas en un experimento en Chiloé en la temporada 2019-20 y 19 variedades chilotas y comerciales en INIA Remehue en la temporada 2020-21. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con 4 repeticiones. Las plantas no recibieron control químico.

Durante el transcurso de la temporada se evaluó la sintomatología de daño en el follaje y tallo causado por Tizón tardío cada 7 días desde los primeros síntomas en el testigo en las hileras centrales y se determinó el porcentaje de follaje afectado según la escala de Henfling 1987. Posteriormente, se determinó el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC) y el área relativa de la curva de progreso de la enfermedad (rAUDPC) (Forbes et al, 2014). A la cosecha se determinó la cantidad y peso de los tubérculos según calibre.

Para el análisis estadístico se usó el software Statistical Analysis System (SAS 9.1) (SAS/STATTM, 1988). Los datos fueron analizados mediante un Análisis de Varianza (ANDEVA). La media de los tratamientos se separó de acuerdo a la Prueba de Comparación Múltiple LSD, $p=0.05$.

Finalmente, se comparó los resultados de las aplicaciones a calendario fijo con las aplicaciones según sistema de alerta temprana para la reducción de la cantidad de aplicaciones, índice de impacto ambiental (EIQ de su nombre en inglés Environmental Impact Quotient) y costos de fungicidas. Para el cálculo de EIQ se utilizó la información de la plataforma Cornell University (<https://cals.cornell.edu/new-york-state-integrated-pest-management/risk-assessment/eiq/eiq-calculator>). El cálculo de costos de utilizó el valor del producto en el mercado local, actualizado a valor marzo de 2023, con un cambio al valor del mismo mes.

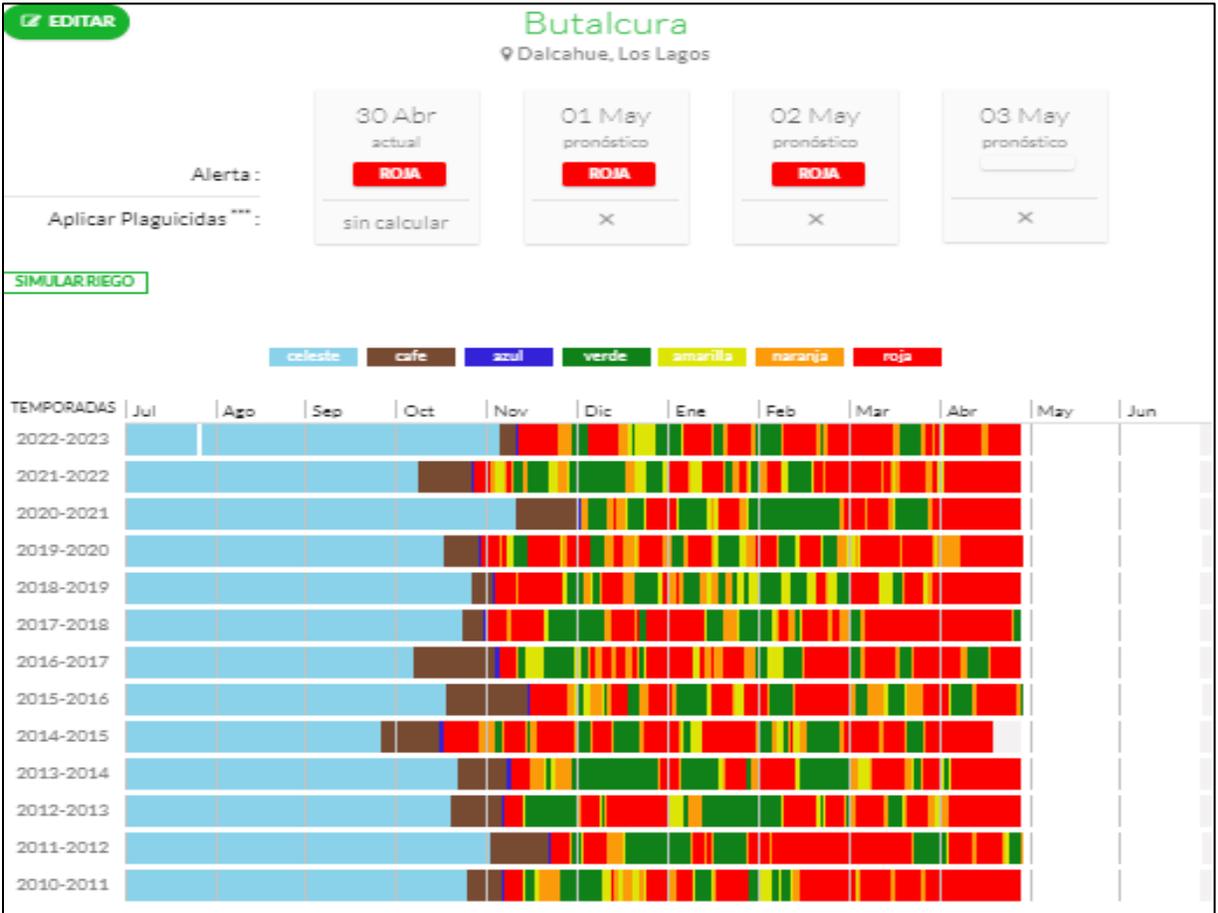


Foto 1. Condición para el desarrollo de tizón tardío diario desde la temporada de cultivo de papa 2010-2011 al 2022-2023, según los datos de las estación meteorológica ubicadas en el sector de Butalcura, Dalcahue, Archipiélago de Chiloé, Región de Los Lagos, Chile (-42.261367, -73.651424), y procesadas con el sistema de alerta temprana INIA <https://tizon.inia.cl>.

Condiciones para el desarrollo de Tizón tardío: Rojo: muy favorable; naranja: favorable; amarillo: media y verde: sin condición favorable para el desarrollo de la enfermedad.

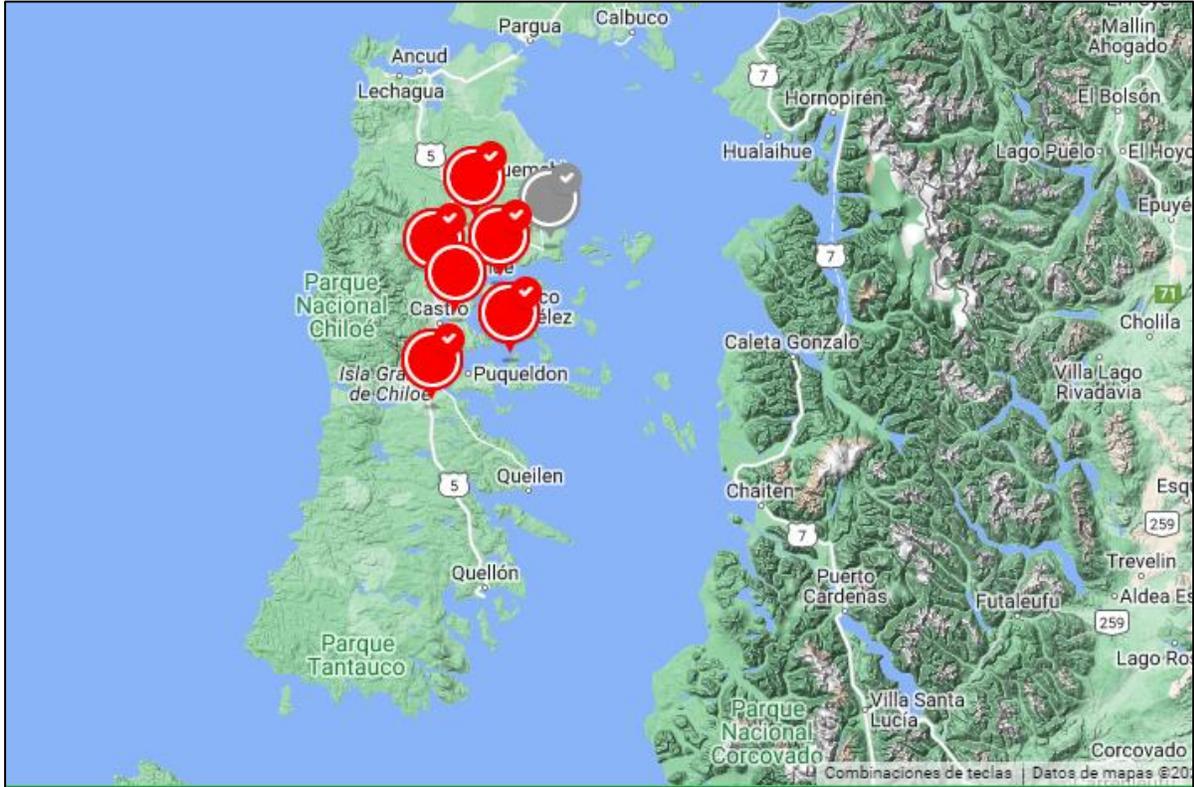
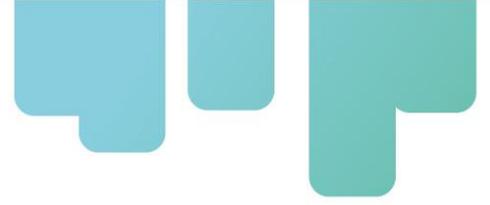


Foto 2. Ubicación de las estaciones meteorológicas en el Archipiélago de Chiloé, utilizadas para el sistema de alerta temprana para Tizón tardío. Red de Estaciones Meteorológicas de INIA Chile. <https://agrometeorologia.cl/>



Resultados

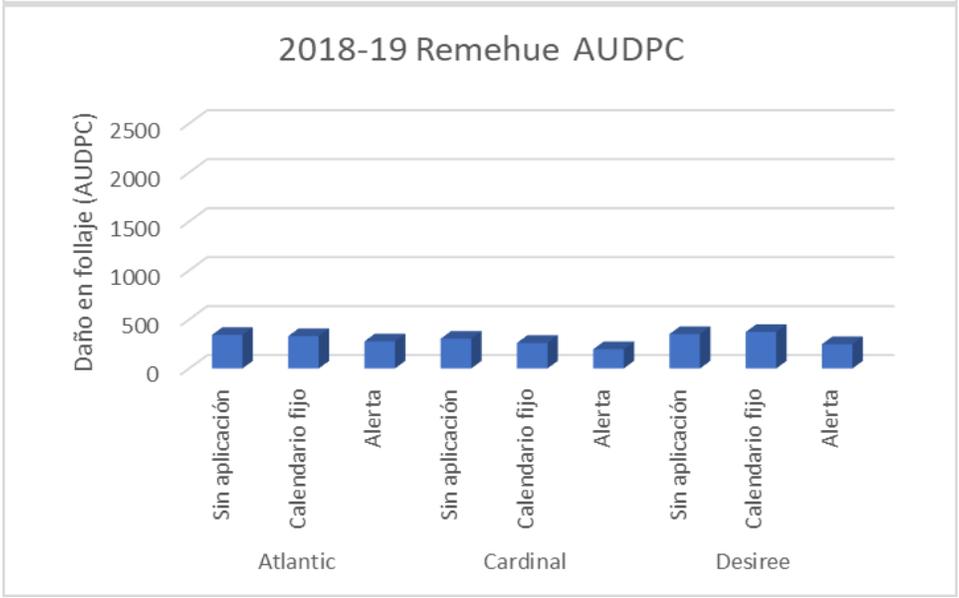
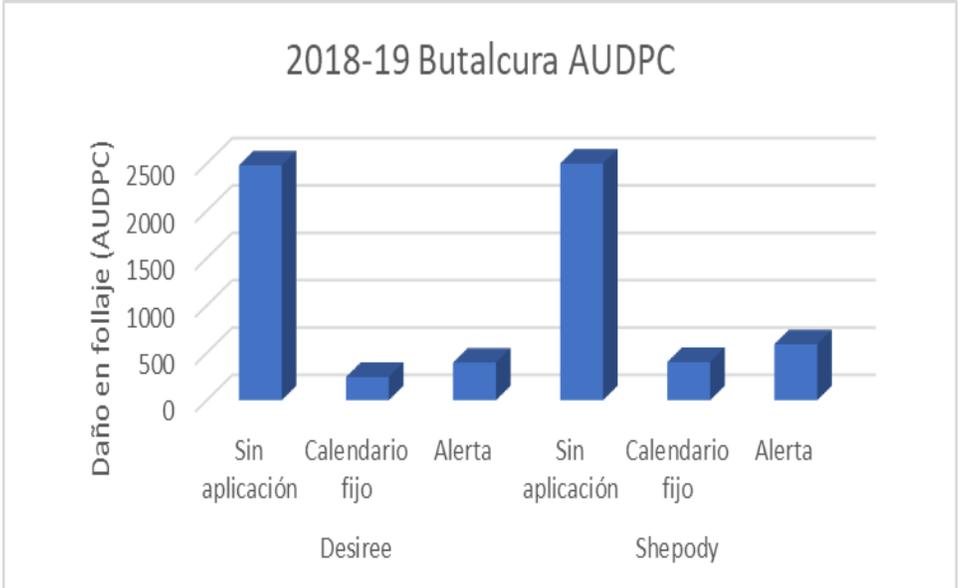
Validación del sistema de alerta temprana

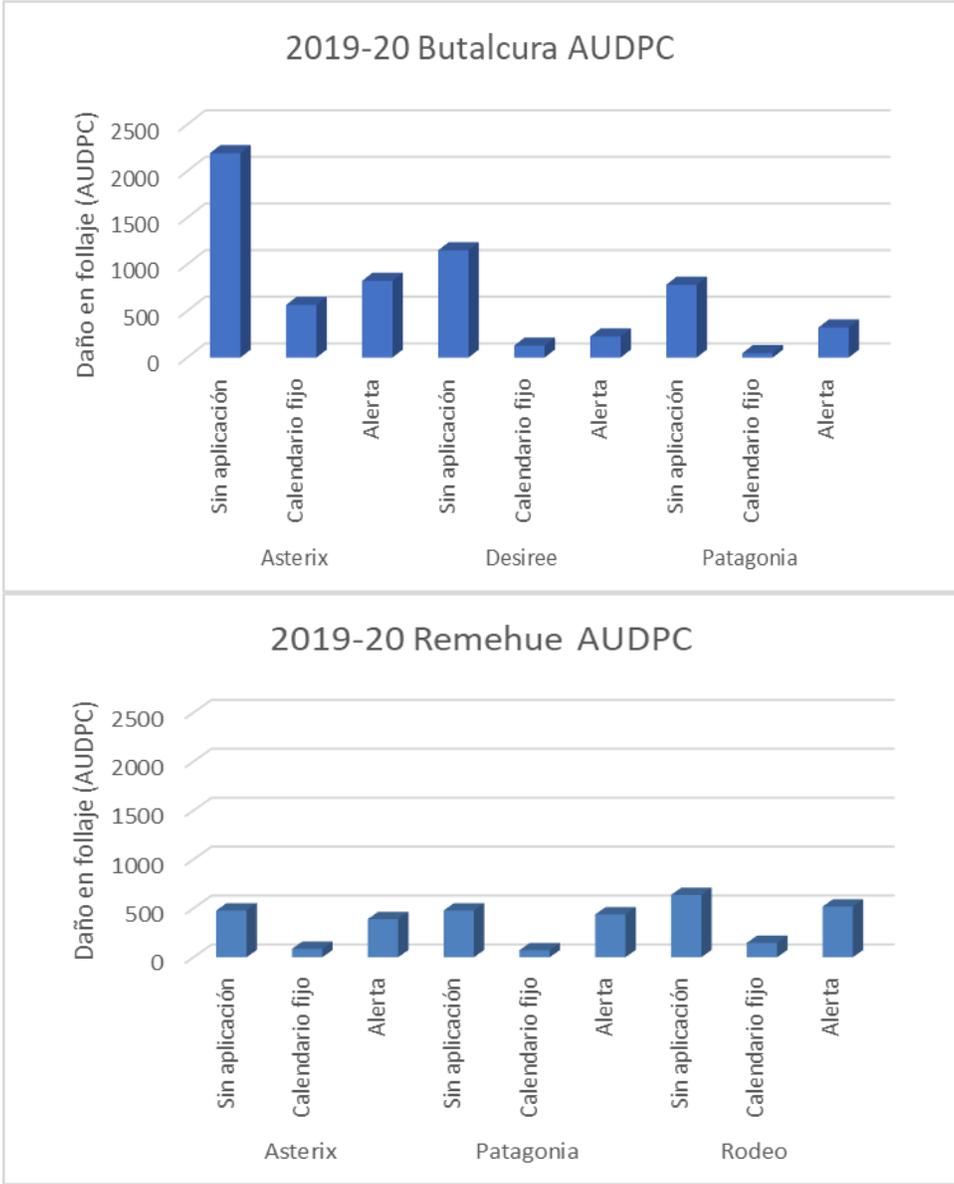
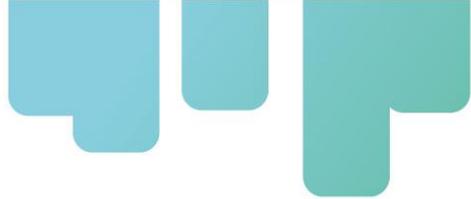
La figura 1 muestra el daño de Tizón tardío de los tratamientos sin aplicación, aplicación a calendario fijo y aplicación según sistema de alerta temprana, para los cultivares utilizados en cada temporada y lugar (Interacción tratamiento cultivar). En la temporada 2018-19 en Butalcura se evaluó 2 cultivares, Desirée medianamente susceptible y Shepody como muy susceptible, ambos cultivares utilizados en Chiloé por los agricultores. En INIA Remehue, esa misma temporada se utilizó el cultivar Atlantic como muy susceptible, Cardinal y Desirée como medianamente susceptible. Posteriormente, en la temporada 2019-20, se trabajó con 3 cultivares de papa, uno susceptible (Asterix o Atlantic), uno medianamente susceptible (Cardinal o Desiree) y uno medianamente Resistente (Patagonia). Las 3 últimas temporadas, 2020-21 a 2022-23, se dio énfasis a la respuesta de los cultivares en interacción con el sistema de alerta, por lo que se evaluaron 6 cultivares de papa: Asterix y Shepody como susceptible, Red Fantasy y Rodeo como medianamente susceptible, Patagonia como medianamente resistente y Cornado como resistente.

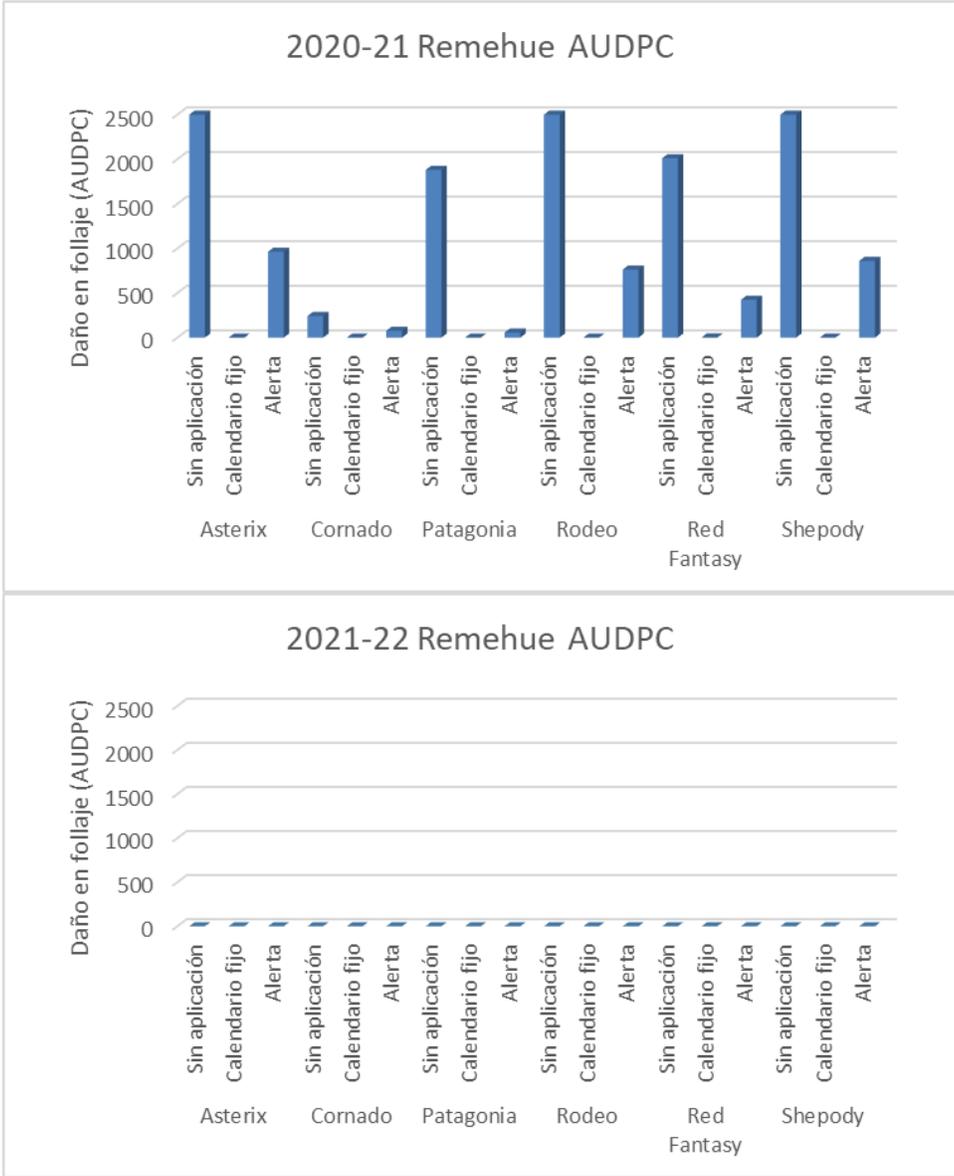
En general, se observa que la intensidad del daño de tizón tardío en el follaje de las plantas varía según el cultivar de papa, pero también, de acuerdo a la temporada y el lugar. Así, en Butalcura se observa mayor daño que en Remehue en las dos temporadas evaluadas, alcanzado un daño, expresado como AUDPC, cercanas a 2500, esto corrobora que las condiciones en Chiloé son más favorables que en Remehue (Foto 1). Igualmente, es posible observar diferencias entre el tratamiento sin aplicación y los tratamientos con control químico, especialmente bajo condiciones favorables. Adicionalmente, se observa que no hay diferencias de daño entre los tratamientos aplicados a calendario fijo versus los aplicados según alerta temprana. La temporada 2020-21 se detectó presencia de la enfermedad, logrando discriminar entre cultivares de papa y entre tratamientos, observándose diferencias en el control de los tratamientos con aplicación versus el sin aplicación, pero, sin diferencias entre aplicaciones a calendario con aplicaciones según alerta. Sin embargo, en las temporadas 2021 a 2023, no se presentó daño de tizón tardío en las plantas de ningún tratamiento, ya que las condiciones favorables para el desarrollo de la enfermedad fueron muy bajas en el sector de Remehue.

La figura 2, muestra los resultados del control de tizón tardío para todas las temporadas, comparando las aplicaciones a calendario fijo, alerta y sin aplicación (Efecto factor tratamiento). Se observa claramente que las aplicaciones según las alertas ofrecen un control muy similar al calendario fijo, y ambas mejor que sin aplicación, al presentarse la enfermedad.

Adicionalmente, el rendimiento de tubérculos está muy relacionado al nivel de daño por tizón tardío en el follaje, así, bajo la misma condición, el tratamiento sin aplicación presenta un menor rendimiento, pero no hay diferencias entre los tratamientos aplicados con alerta o a calendario fijo (Figura 3).







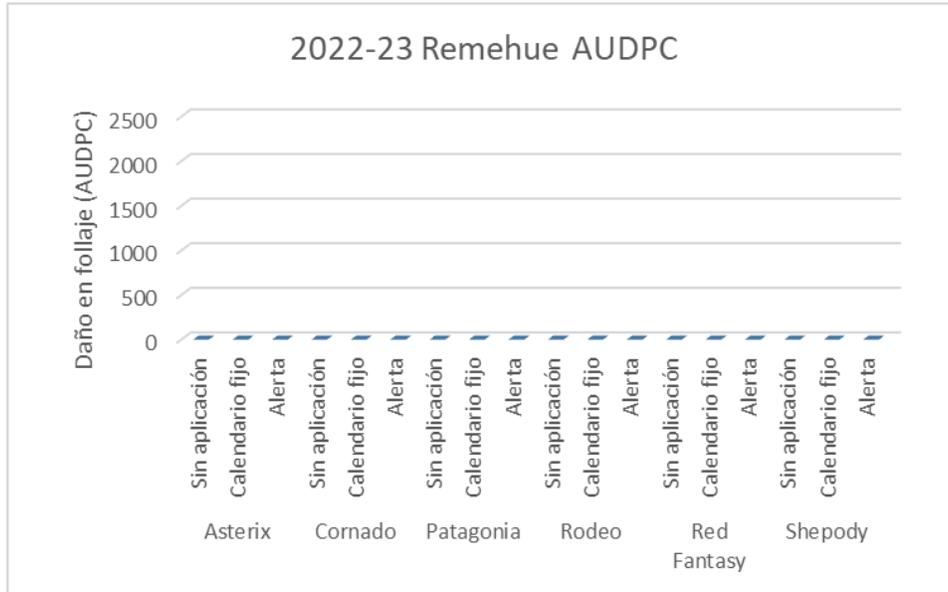
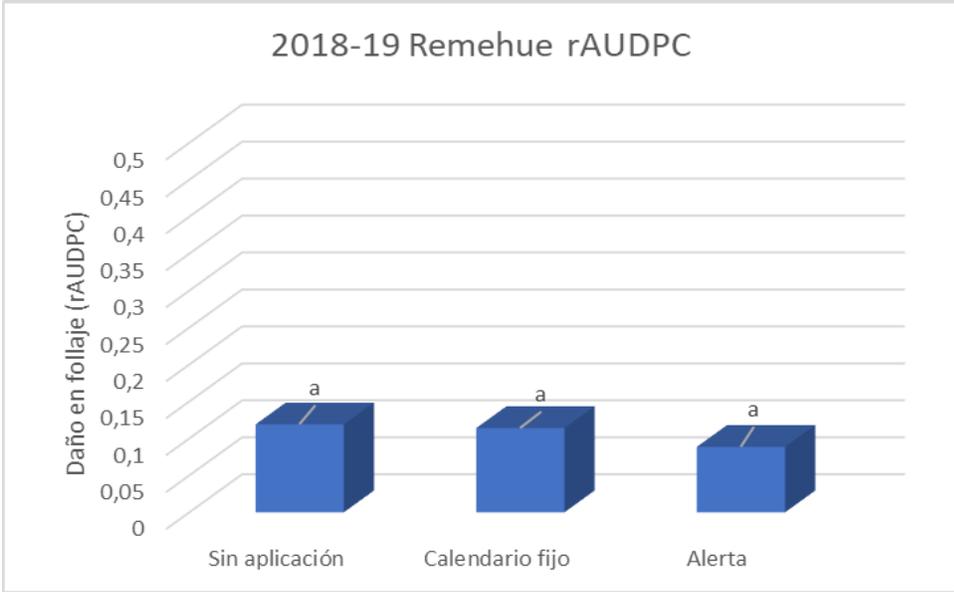
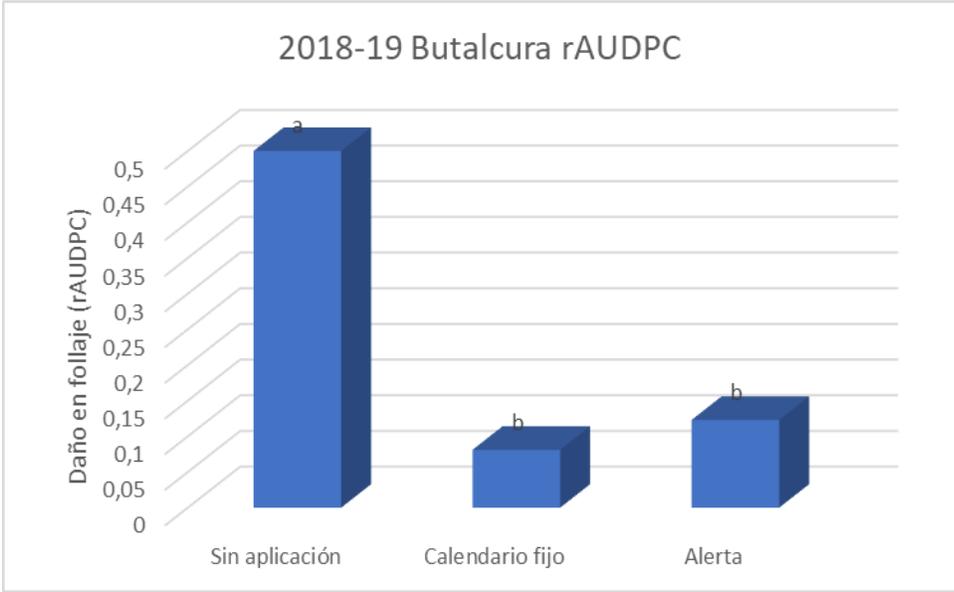
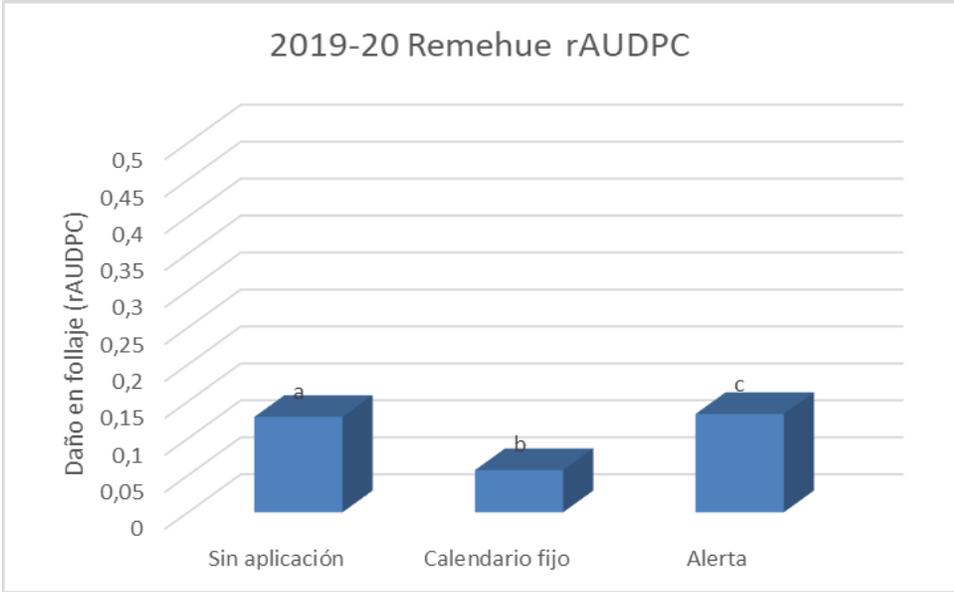
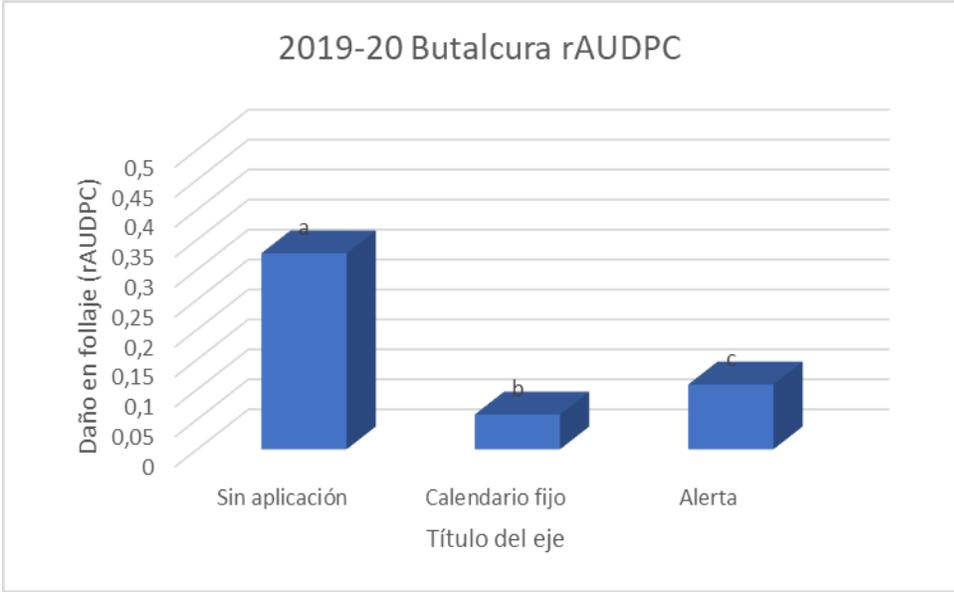
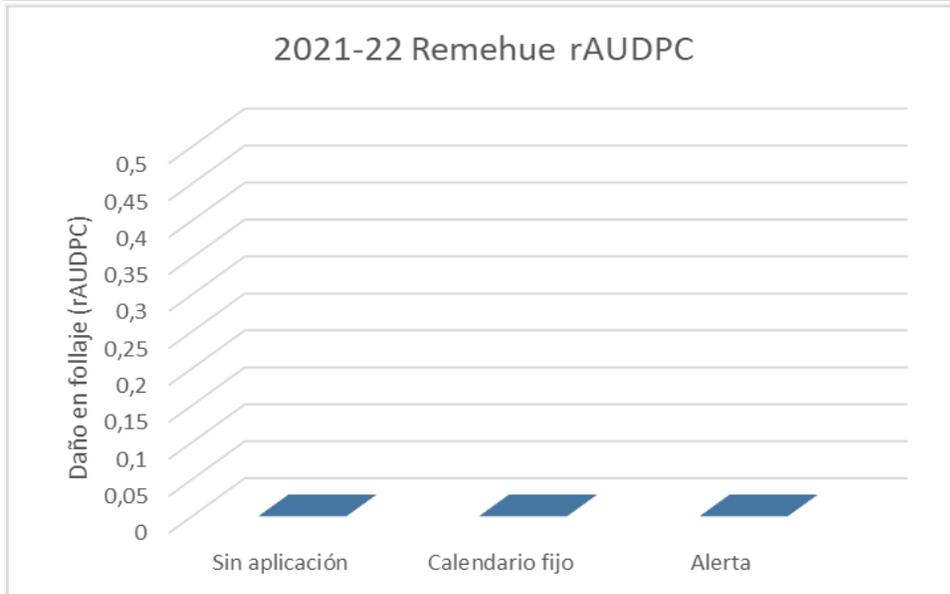
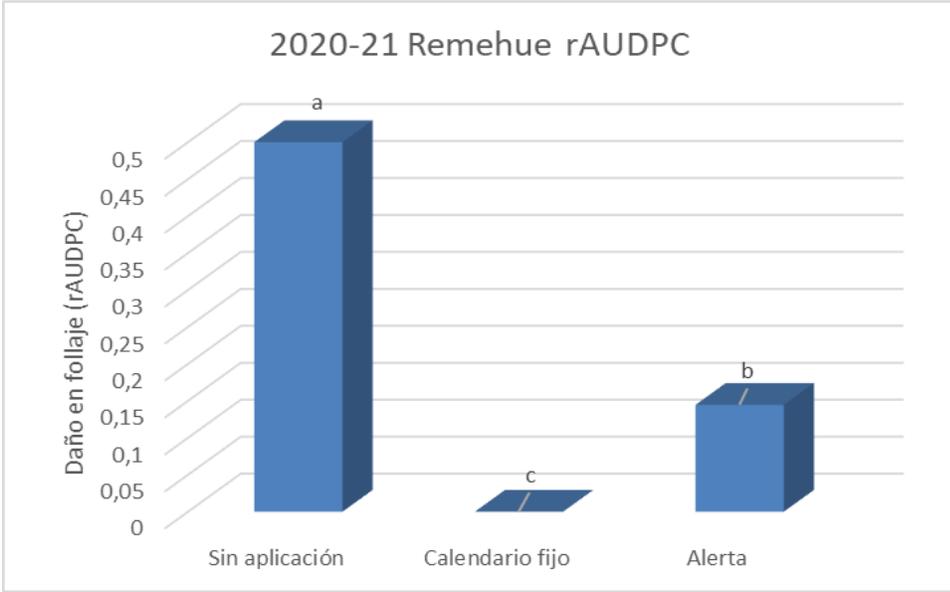


Figura 1. Daño en follaje por Tizón tardío en plantas de papa para la interacción de diferentes cultivares y estrategias de aplicaciones manejados según alerta temprana, calendario fijo y sin aplicación, durante las temporadas 2018 a 2023 en INIA Remehue e INIA Butalcura, Chile.







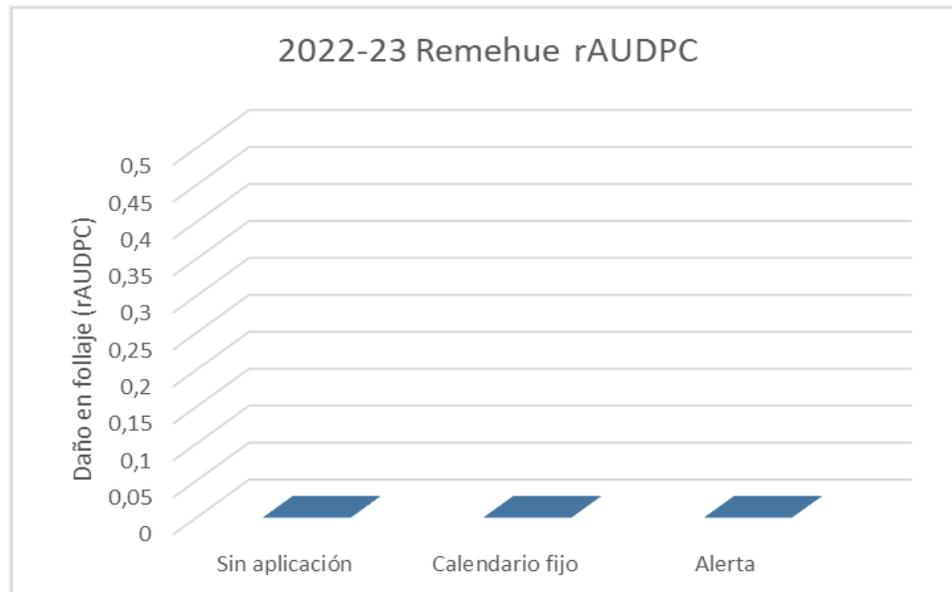
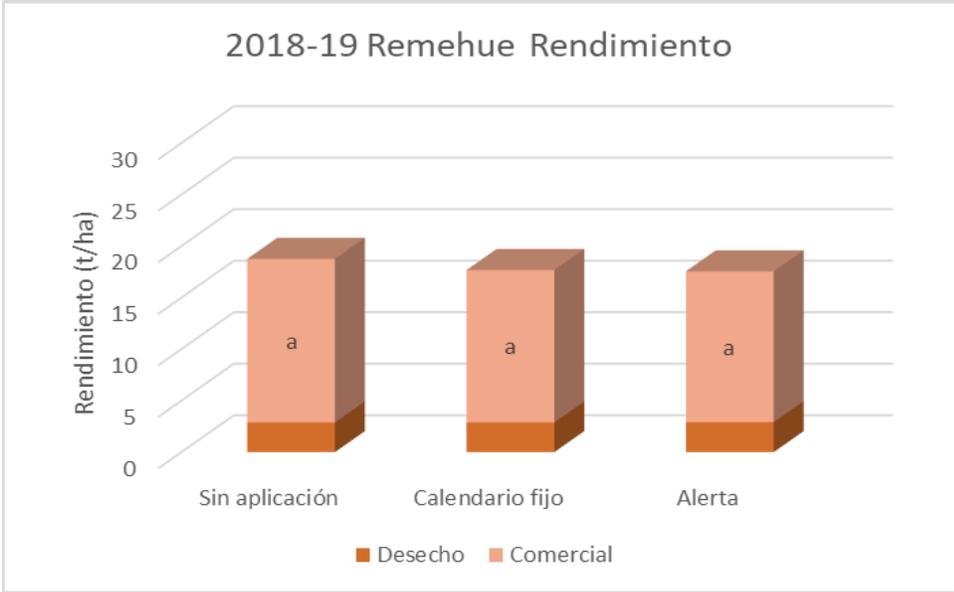
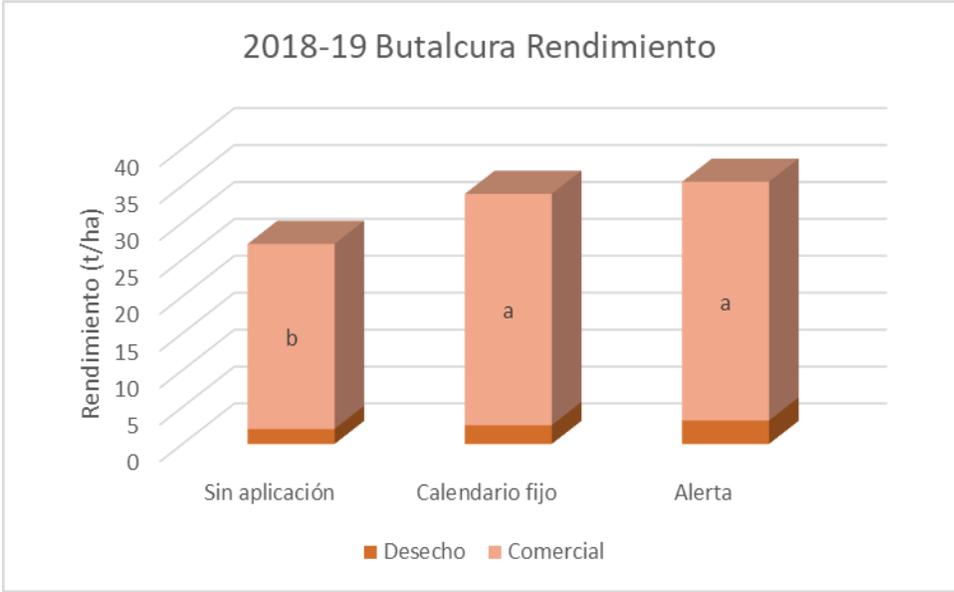
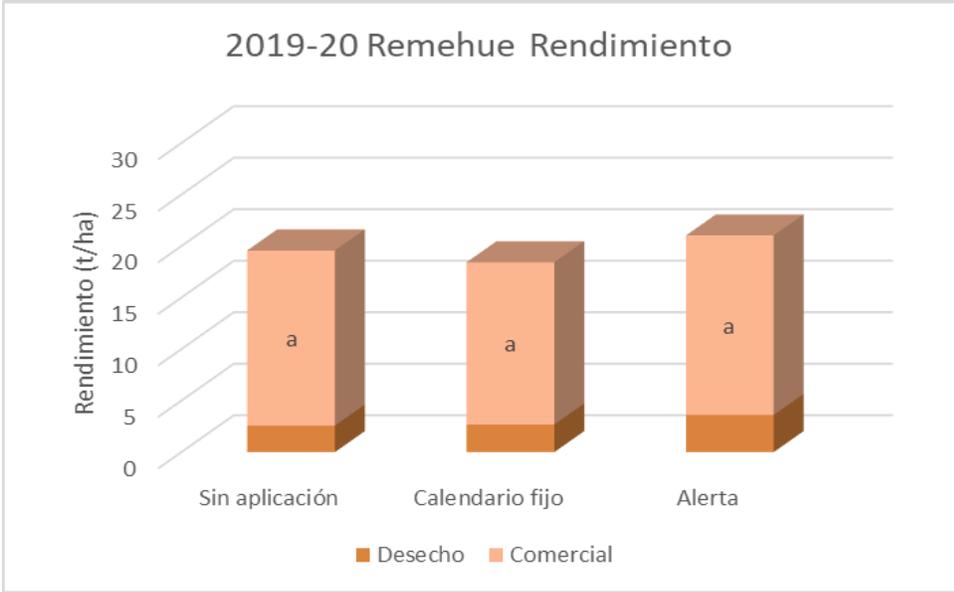
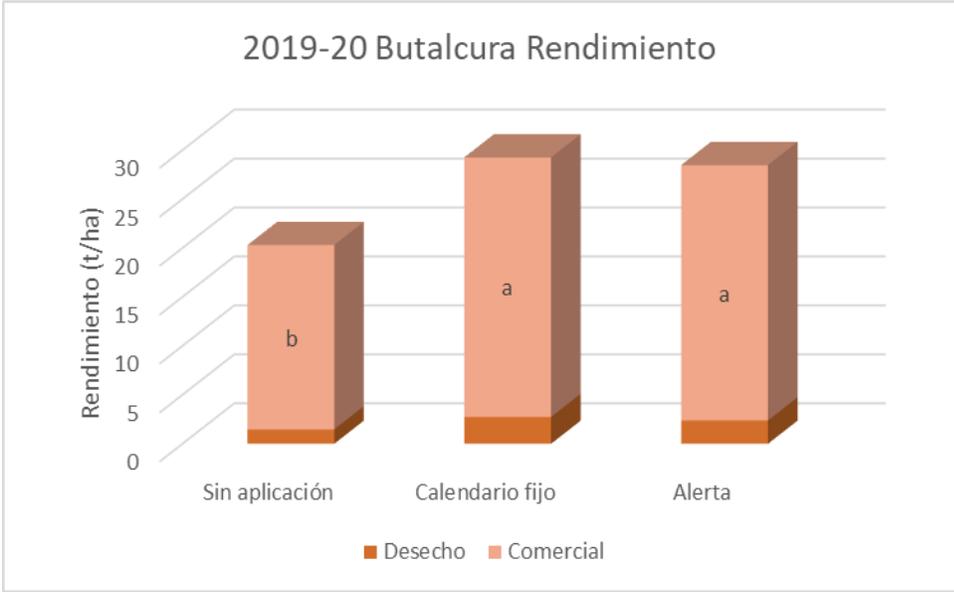
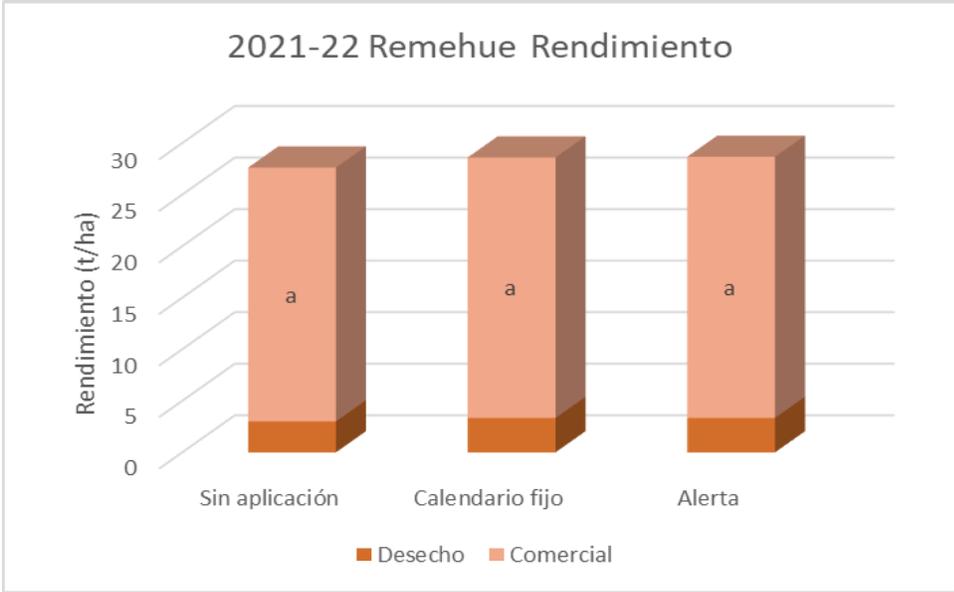
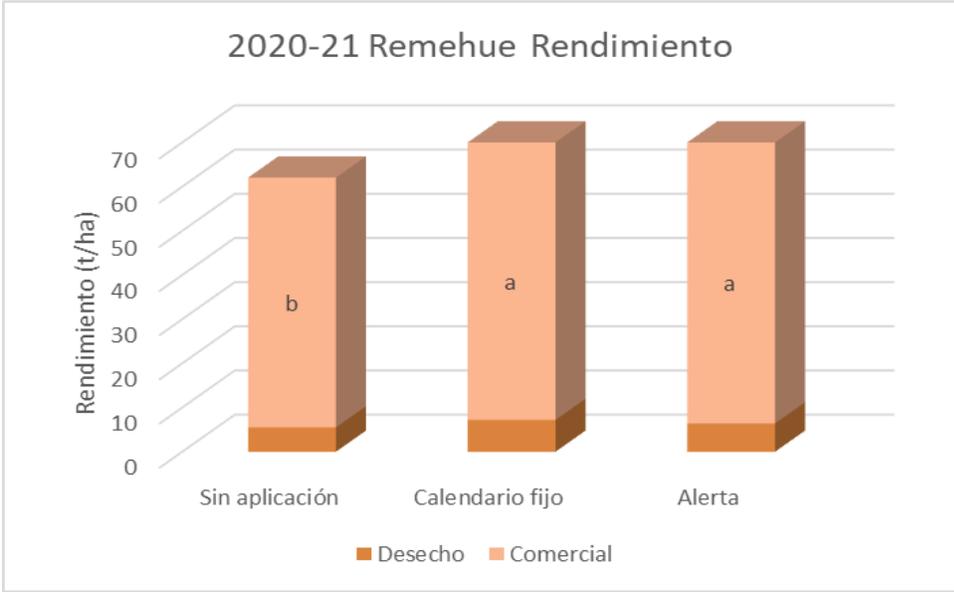


Figura 2. Daño en follaje por Tizón tardío del factor tratamiento, en plantas de papa de diferentes cultivares, manejadas bajo estrategias de aplicación a alerta temprana, calendario fijo, y sin aplicación, durante las temporadas 2018-19 al 2022-23 en Butalcura y Remehue, Chile.







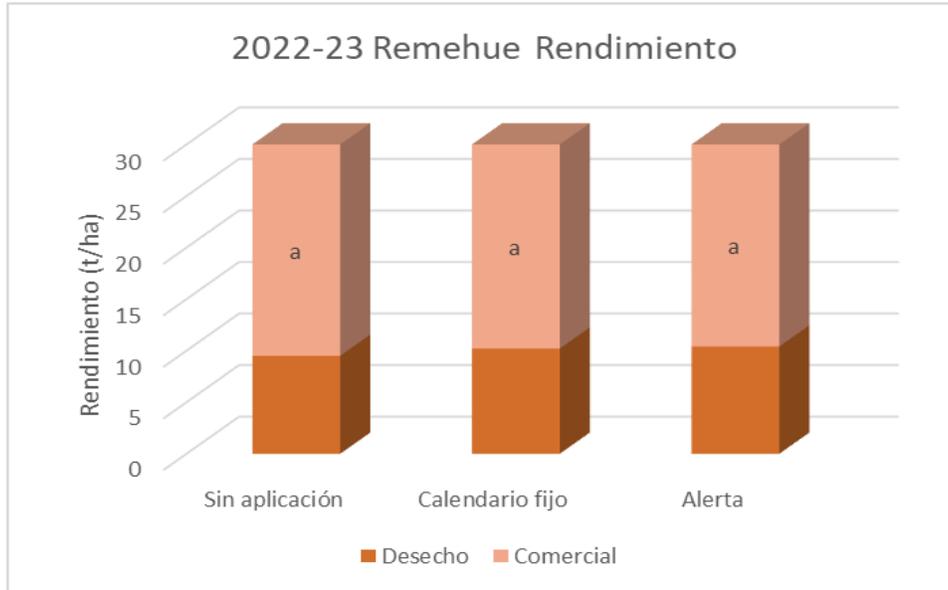
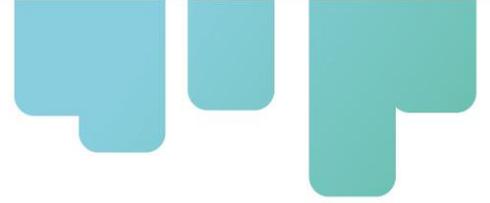


Figura 3. Rendimiento total (desecho y comercial) del factor tratamiento, de plantas de papa de diferentes cultivares, manejadas bajo estrategias de aplicación con alerta temprana, calendario fijo y sin control, durante las temporadas 2018-2019 al 2022-23 en Butalcura y Remehue, Chile.



Impacto del sistema de alerta

Al comparar la cantidad de aplicaciones realizadas utilizando una estrategia basada en el sistema de alerta temprana con la estrategia de aplicación a calendario fijo, se detecta que en promedio se realizaron 3,6 y 10 aplicaciones, respectivamente, esto es equivalente a una reducción del 65,6% (Cuadro 1), obteniendo resultados de control y rendimiento muy similares (Figura 2 y 3). Además, dado lo anterior, el índice de impacto ambiental se reduce en un 65,3% y los costos asociados al uso de fungicidas en un 67,7%. Así, la cantidad de aplicaciones necesarias, el Índice de Impacto ambiental (EIQ) y los costos de fungicidas es de un 30%, aproximadamente, al utilizar un sistema de alerta respecto al calendario fijo.

Cuadro 1. Reducción en la cantidad de aplicaciones, el índice de impacto ambiental (EIQ) y los costos de aplicaciones de una estrategia con uso del sistema de alerta temprana frente a una con calendario fijo, para las temporadas 2018-2019 a la 2022-2023, en Remehue y Butalcura. INIA Chile.

Temporadas-Lugar	Cantidad de aplicaciones (unidades)			Índice de Impacto ambiental (EIQ)			Costos en fungicidas (US\$)		
	Calendario fijo	Alerta	Reducción (%)	Calendario fijo	Alerta	Reducción (%)	Calendario fijo	Alerta	Reducción (%)
2018-19 Butalcura	14	5	64,3	471,8	166,7	64,7	597,5	242,5	59,4
2018-19 Remehue	10	2	80,0	327,1	69,2	78,8	586,9	56,3	90,4
2019-20 Butalcura	9	6	33,3	292,5	195,0	33,3	558,8	372,5	33,3
2019-20 Remehue	8	0	100,0	264,2	0,0	100,0	428,8	0,0	100,0
2020-21 Remehue	13	6	53,8	430,9	201,3	53,3	671,3	270,6	59,7
2021-22 Remehue	9	2	77,8	292,5	62,9	78,5	558,8	158,1	71,7
2022-23 Remehue	8	4	50,0	257,9	132,1	48,8	530,6	214,4	59,6
Promedio	10,1	3,6	65,6	333,8	118,2	65,3	561,8	187,8	67,7

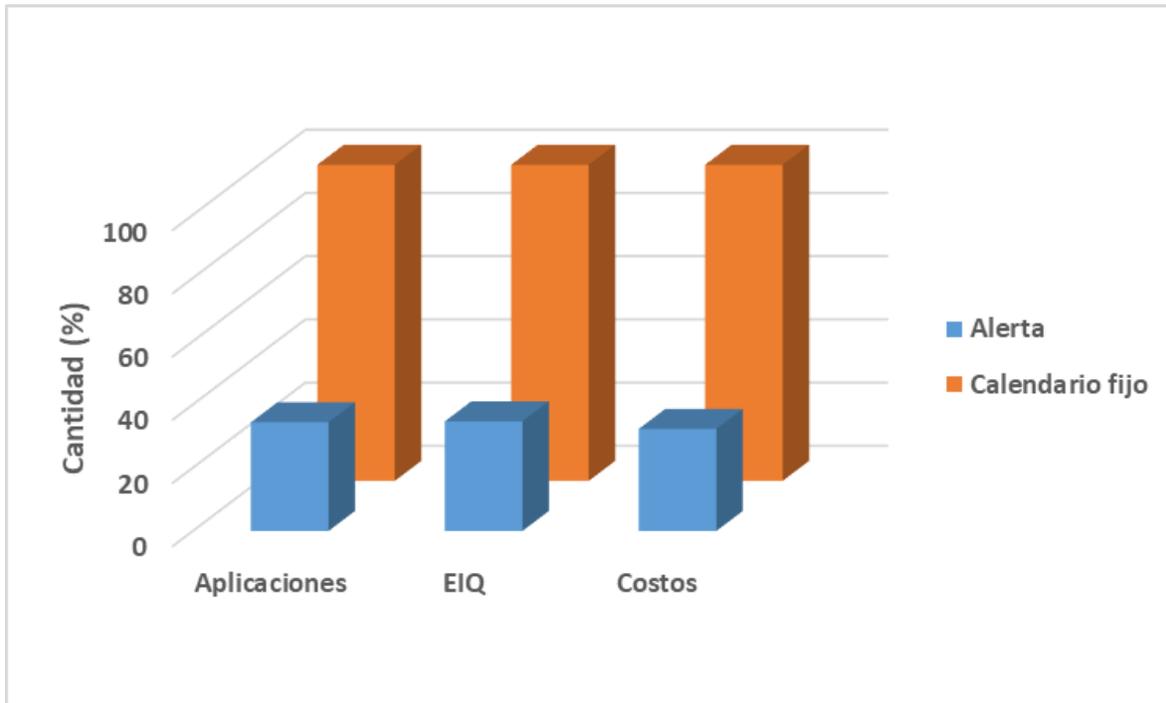


Figura 4. Cantidad relativa de aplicaciones de fungicidas, índice de impacto ambiental (EIQ) y costos de fungicidas bajo estrategias con alerta temprana y con calendario fijo. INIA Chile.

Evaluación de resistencia varietal

En el archipiélago de Chiloé se cultivan variedades nativas de papa, especialmente por mujeres, las cuales son usadas por las agricultoras como autoconsumo, pero también para comercializar en fresco, a los supermercados y en la industria. Las alternativas de mercado han ido en aumento en los últimos años, por lo que mantener un cultivo sano es primordial. Para desarrollar un buen paquete de manejo de tizón tardío es necesario conocer la susceptibilidad de los cultivares de papa.

Los resultados de la evaluación de variedades nativas bajo condiciones de Chiloé, INIA Butalcura, y Osorno, INIA Remehue, muestran una diversidad en la susceptibilidad, con variedades con una resistencia alta como Murta y muy susceptibles como Cabrita y Murta Ojuda (Figura 5 y 6). Adicionalmente, los resultados de evaluación de variedades nativas y comerciales en Osorno muestran que las variedades Cornado y Patagonia presentan nivel relativo bajo de daño, mientras que las variedades nativas, se observan con mayor susceptibilidad a Tizón tardío (Figura 7). Sin embargo, en general, se observa que los cultivares nativos son muy susceptibles a tizón tardío de la papa. Esta información es relevante, por cuanto el uso de variedades con mayor resistencia es de gran importancia en el desarrollo de un paquete de manejo integrado.

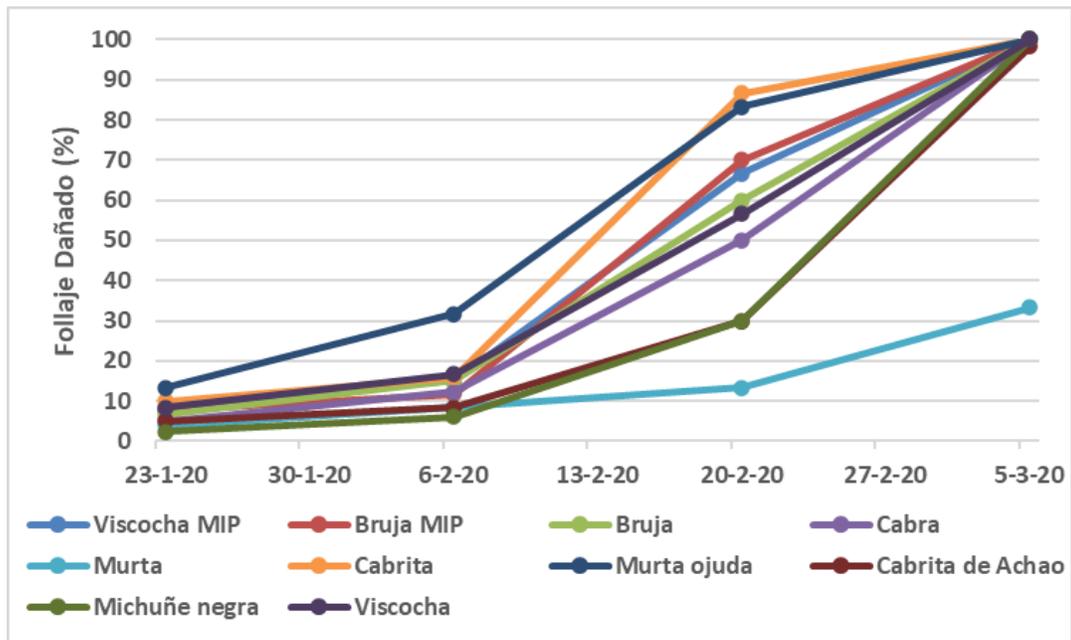


Figura 5. Curva de desarrollo de la enfermedad en variedades nativas de Chiloé. INIA Butalcura. Chiloé. Temporada 2019-2020.

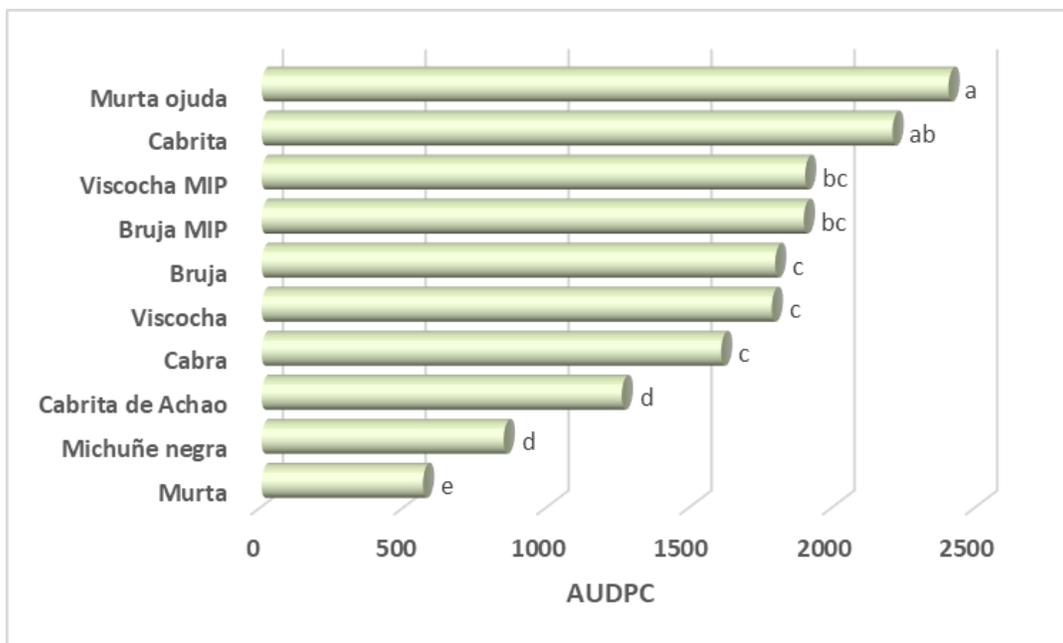


Figura 6. Resistencia relativa a tizón tardío de 10 cultivares de papa nativa chilota. INIA Butalcura. Chiloé. Temporada 2019-2020.

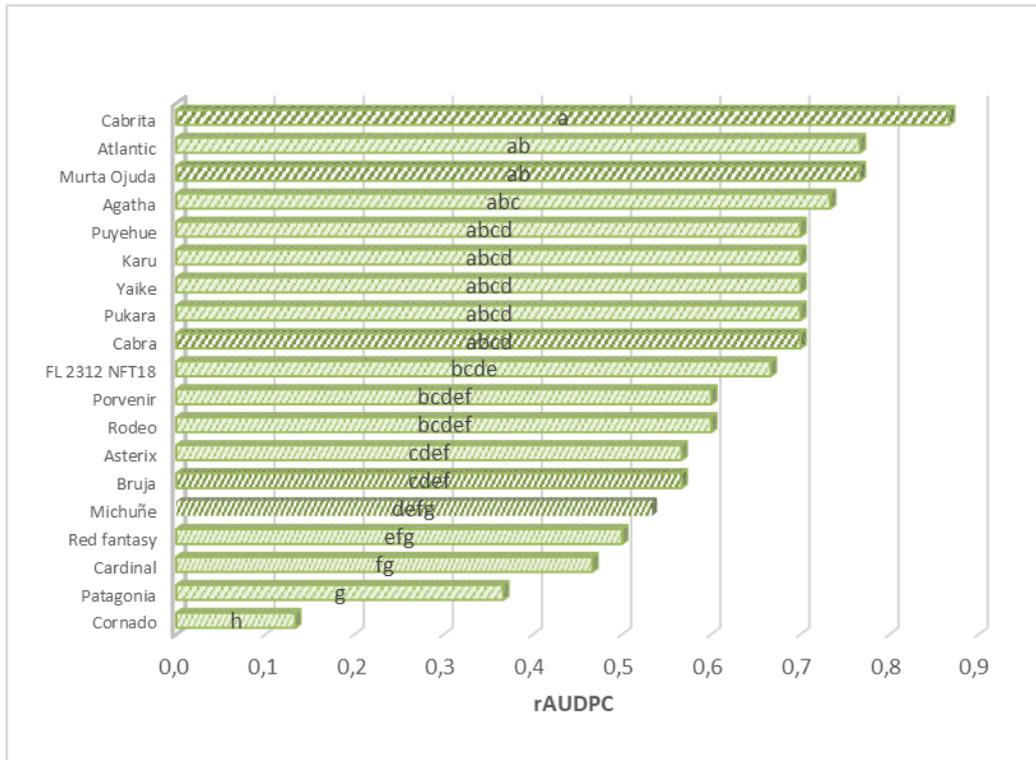
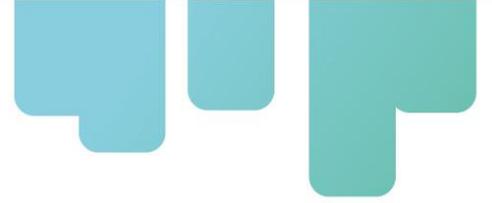


Figura 7. Resistencia relativa a Tizón tardío de cultivares de papa nativa de Chiloé y cultivares comerciales de papa. INIA Remehue. Temporada 2020-2021. Verde oscuro: nativos; verde claro: comerciales.



Discusión

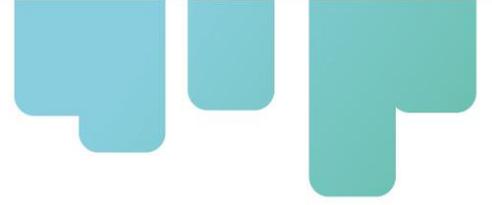
Para el control del Tizón tardío es necesario un manejo integrado considerando la epidemiología de la enfermedad y las características del hospedero y el patógeno. Así es como la higiene predial, la fertilización, la susceptibilidad varietal y el manejo de agroquímicos son claves para el desarrollo de una estrategia (Schepers, 2002, Garret and Dendy, 2001, Acuña et al, 2007). Sin embargo, diversos trabajos demuestran que las condiciones ambientales determinan la severidad del daño que esta enfermedad puede ocasionar.

Dado lo anterior, se han desarrollado modelos de alerta temprana para detectar las condiciones del momento para el desarrollo de la enfermedad, indicando cuando es más oportuno el control químico, disminuyendo así la cantidad de aplicaciones y los costos de producción con un manejo más sostenible (Binsteine and Turka, 2002; Fry et al, 2002; Andrade et al, 2005; Hyre, 1954; Wallin, 1962).

En la zona sur de Chile se desarrolló e implementó un sistema de alerta temprana basado en datos meteorológicos (Acuña y Bravo, 2019), el cual llega a los agricultores a través de la plataforma <https://tizoinia.cl>. Este sistema ha sido validado desde la Región del Bío Bío al norte hasta la Región de Los Lagos al sur. En general, los sistemas de alerta temprana ayudan a tomar mejores decisiones de manejo preventivo de la enfermedad, sin embargo, hay desafíos aún por resolver tales como la validación e implementación en otros territorios, adopción de tecnología, comunicación de la información y saber que hacer frente a esta información.

Es así como la validación en el Archipiélago de Chiloé se consideró como un desafío, ya que las papas son una fuente importante de alimentos para sus habitantes y también es base del sustento económico de la familia. Además, las papas nativas de Chiloé, *Solanum tuberosum grupo chilotanum*, son únicas en el mundo y son fuente de diversidad (Solano et al, 2013), por lo que es de gran importancia que se conserve y se cuide este patrimonio genético de la humanidad.

En la última década, se han abierto posibilidades de nuevos mercados para las papas producidas en la Isla de Chiloé, tanto para el mercado fresco, como para la industria. Estos mercados requieren un producto de alta calidad y rendimiento para ser competitivo. Por lo que las personas que las producen, quienes son principalmente mujeres, comenzaron a manejar su cultivo con nuevas tecnologías, las que incluye el uso de agroquímicos para el control de Tizón tardío, enfermedad que causa graves pérdidas de producción en Chiloé, especialmente si consideramos que las papas nativas son susceptibles a la enfermedad en su mayoría. Sin embargo, la cultura de uso de pesticidas no existía en Chiloé, por lo que el control se hacía en forma inoportuna y sin tomar los resguardos necesarios de protección de las personas y el ambiente.

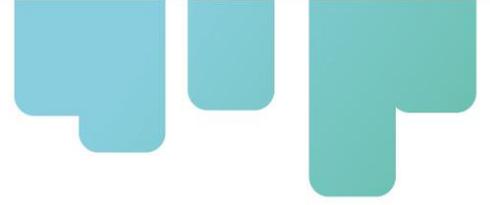


Este proyecto planteó la necesidad de trabajar en forma más cercana a las personas para el desarrollo de estrategias basadas en alerta temprana y buenas prácticas agrícolas en la Isla de Chiloé. Para esto era necesario validar el sistema de alerta bajo las condiciones del territorio, utilizando diferentes variedades, y comprobar que, bajo condiciones muy favorables para la enfermedad, el sistema obtiene igualmente buenos resultados.

Los resultados obtenidos muestran que, bajo diferentes condiciones ambientales, dado por localidad o por la temporada, el sistema de alerta muestra un buen control de la enfermedad, tanto en variedades susceptibles como resistentes, similar al calendario fijo, con rendimientos similares, pero con menor cantidad de aplicaciones, menor contaminación ambiental y menor costos en productos.

Cabe destacar, que durante este proyecto se realizó el levantamiento de una línea base mediante una encuesta a las beneficiarias del proyecto (Producto 23). Este levantamiento mostró desconocimiento de la epidemiología de la enfermedad y de las principales fuentes de inóculo, pero, además mostró que las aplicaciones de fungicidas eran pocas, pero no en el momento oportuno, muchas veces tardías y mal realizadas. Los resultados muestran que, en Chiloé, con 5 ó 6 aplicaciones es posible obtener un buen control de la enfermedad, pero, con aplicaciones oportunas en el momento correcto, es decir, cuando el sistema de alerta temprana indica que hay condiciones favorables para el desarrollo de la enfermedad. Durante el proyecto, se trabajó cercanamente con los asesores y con las agricultoras beneficiarias para capacitarlas en la interpretación del sistema de alerta, entendimiento de la información, buenas prácticas agrícolas y manejo integrado. A pesar, que debido a la pandemia de COVID 19 que afectó al mundo, no se pudo trabajar mucho más cercanamente a las agricultoras y realizar demostraciones en terreno de los resultados del sistema de alerta en Chiloé, los asesores que trabajan con ellas, si recibieron información más personalizada a través de sistemas online, por lo que ellos fueron el nexo más importante para la adquisición del conocimiento.

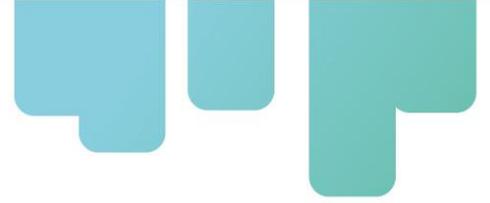
Finalmente, se puede comentar que el uso de información basada en alertas temprana ayuda a los agricultores a realizar un control químico en forma oportuna y eficiente y solo cuándo es necesario. Así esta información, junto a capacitaciones en manejo integrado y buenas prácticas agrícolas, fomenta la adaptación y mitigación al cambio climático para la intensificación sostenible de la producción de papa.



Conclusiones

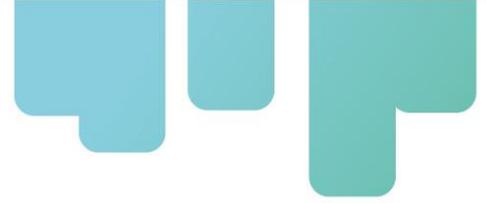
Los resultados para validación del sistema de alerta temprana INIA en la Isla de Chiloé, y en Osorno, Chile, muestra que las estrategias de control químico con aplicaciones basada en alerta lograron controlar el tizón tardío con daños estadísticamente menores que el testigo sin aplicación y similares al tratamiento a calendario fijo. Pero, el tratamiento a calendario fijo consideró una mayor cantidad de aplicaciones, 10 en calendario fijo versus 3 con alerta, en promedio de las temporadas evaluadas. Por lo tanto, la estrategia con alerta disminuyó la cantidad de aplicaciones en un 65,6% promedio, por ende, disminuyó los costos en fungicidas en un 65,3% y mejoró la sustentabilidad de la producción por disminución del índice de impacto ambiental en un 67,7%.

Adicionalmente, las evaluaciones de resistencia varietal muestran que hay una gran variabilidad en la respuesta de los cultivares evaluados, especialmnete en las variedades nativas, las cuales en general son susceptibles a Tizón tardío. Esta información es de gran relevancia para desarrollar un paquete de manejo integrado para tizón tardío para la Isla de Chiloé.



Referencias Bibliográficas

- Acuña, I y R. Bravo (Ed.). (2019). Tizón tardío de la papa: Estrategias de manejo integrado con alerta temprana. Boletín INIA N°399. SSN 0717 – 4829. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA-Chile. 138 pp. <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR41538.pdf>
- Acuña, I.; Muñoz, M.; Sandaña, P.; Orena, S.; Bravo, R.; Kalazich, J.; Tejeda, P.; Castro M.P. y C. Sandoval. (2015). Manual Interactivo de la papa INIA. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Chile. <http://manualinia.papachile.cl>. Certificado de Registro Dibam 264.876.
- Acuña, I., Sagredo, B., Bravo, R., Gutiérrez, M., Maldonado, I., Gaete, N., Inostroza, J., Secor, G., Rivera, V., Kalazich, J., Solano J. and y Rojas, J. 2007. Using a forecasting system to develop integrated pest management strategies for control of late blight in southern Chile. Proceedings of the Tenth Workshop of European network for development of an integrated control strategy of potato late blight. Bologna, Italy, 2nd - 5th May 2007. PPO Special report N° 12: 237-249.
- Andrade-Piedra, J., R. J. Hijmans, G. A. Forbes, W. E. Fry, and R. J. Nelson. 2005. Simulation of Potato Late Blight in the Andes. I: Modification and Parameterization of the LATEBLIGHT Model. *Phytopathology* 95(10): 1191-1199. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-95-1191>.
- Bimsteine, G and I. Turka. 2002. Efficiency of potato Late Blight control models. Proceedings in Agronomy N° 4 p. 35-39 (Abstract). CIP. 2001. Isozyme analysis. In: Laboratory manual for *P. infestans* work at CIP-Quito. Pp. 17-23.
- Fernandez-Northcote, E.; O. Navia y A. Gondolilla. (1999). Bases de las estrategias de control químico del Tizón tardío de la papa desarrolladas por PROINPA en Bolivia. Revista latinoamericana de la papa ALAP Volumen 11 N°1. 1998/1999.
- 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". Centro Internacional de la Papa (CIP). Lima, Perú.
- Forbes, G.A. and J.T. Korva. (1994). The effect of using a Horsfall-Barratt scale on precision and accuracy of visual estimation of potato late blight severity in the field. *Pla. Path* 43:675-682.
- Flores, P., J. Lerdon, R. Bravo, e I. Acuña. (2008). Factibilidad de implementar pronosticadores automatizados para controlar el tizón tardío de la papa en el Sur de Chile. *Agro Sur* 36(1):36-42.
- Fry W.; E. G. Mizubuti; H.S. Mayton; D.E. Aylor and J. Andrade-Piedra. (2002). Late blight forecasting: Quantifying the risk from a known source. Proceedings of the Global Initiative on Late Blight Conference. July 68-70. Hamburg. Germany
- Fry, W.E.; A.E. Apple and J.A. Bruhn. 1983. Evaluation of potato late blight forecasts modified to incorporate host resistance and fungicide weathering. *Phytopathology* 73:1054-1059.



- Garrett, K.A., and Dendy, S.P. 2001. Cultural practices in the potato late blight management. Pages in: Proceedings of the International Workshop on Complementing Resistance to Late Blight (*Phytophthora infestans*) in the Andes. February 13-16, 2001, Cochabamba, Bolivia. GILB Latin American Workshops 1. E.N. Fernández-Northcote, ed. International Potato Center, Lima, Peru.
- Hyre, R.A. 1954. Progress in forecasting late blight of potato and tomato. *Plant Disease Reports*: 245-253.
- Krause, R.A.; L.B. Massie and A. Hyre. 1975. Blitecast: a computerized forecast of potato late blight. *Plant Disease Report* 59: 95-98.
- Mizubuti, E. and G.Forbes. (2002). Potato late blight IPM in the developing countries. In: Late Blight: managing the global threat. Proceeding of the Global Initiative on late Blight Conference. July 11-13. Hamburg. Germany
- Myint, M.; T.Su and K. Win. (2001). Effect of different fungicides application based on disease forecasting in controlling of potato late blight in Myanmar. International Workshop on Potato late blight of the ESEAALG, GILB, NAAES and KNU. Octubre 15-National Alpine Agricultural Research Station, Pyongchang, Republic of Korea.
- Pérez, W. y G. Forbes. (2008). El Tizón tardío de la papa. Centro Internacional de la Papa, Lima Perú.41 pp.
- Shepers, H. 2002. Potato late blight IPM in the industrialized countries. Global Initiative in Late Blight Conference. Late blight: Managing the global threat. March 11-13, 2002. Hamburg, Germany. Pages 89-92.
- Solano, J., Mathias, M., Esnault, F. and Brabant, P. 2013. Genetic diversity among native varieties and commercial cultivars of *Solanum tuberosum* ssp. *tuberosum* L. present in Chile. *Electronic Journal of Biotechnology*, 16(6), 8-8. <http://www.ejbiotechnology.info/index.php/ejbiotechnology/article/view/1474>.
- Wallin, J.R. 1962. Summary of recent progress in predicting the late blight epidemics in United States and Canada. *American Potato Journal* 39:306-312.

Secretaría Técnica Administrativa



Con el apoyo de:



www.fontagro.org

Correo electrónico: fontagro@fontagro.org