

## Informe Técnico Ensayo Crioprotect protección antiheladas en cultivos de papa de la zona de El Monte

### Resumen

Se realizó un ensayo de campo sobre cultivos de Papas en la zona de El Monte en Santiago, Chile, en la temporada de invierno 2021. El uso de CRIOPROTECT sobre el predio estudiado evidenció el **nivel superior de protección que el producto brinda contra las heladas agrícolas al comparar distintos parámetros** entre el predio protegido y una zona dejada como control. Se comprobó que la aplicación de CRIOPROTECT mediante la dinámica recomendada (1% cada 14 días) mantiene a los cultivos con una **mejor salud** para enfrentar distintas situaciones de estrés abiótico, evidenciado en la **mantención y aumento del índice NDVI**. El registro fotográfico por su parte evidencia el alto grado de protección que CRIOPROTECT brinda a cultivos que sufrieron **más de 10 eventos de heladas de hasta -3 °C y con duración de hasta 8 horas en algunos casos**. Finalmente, se determinó que el parámetro más importante, la producción por hectárea, no solo fue mantenida en niveles comparables a la temporada de verano, sino que **superó la producción promedio esperada en condiciones ideales del clima**, demostrando el potente efecto antiheladas y biofortificante del producto.

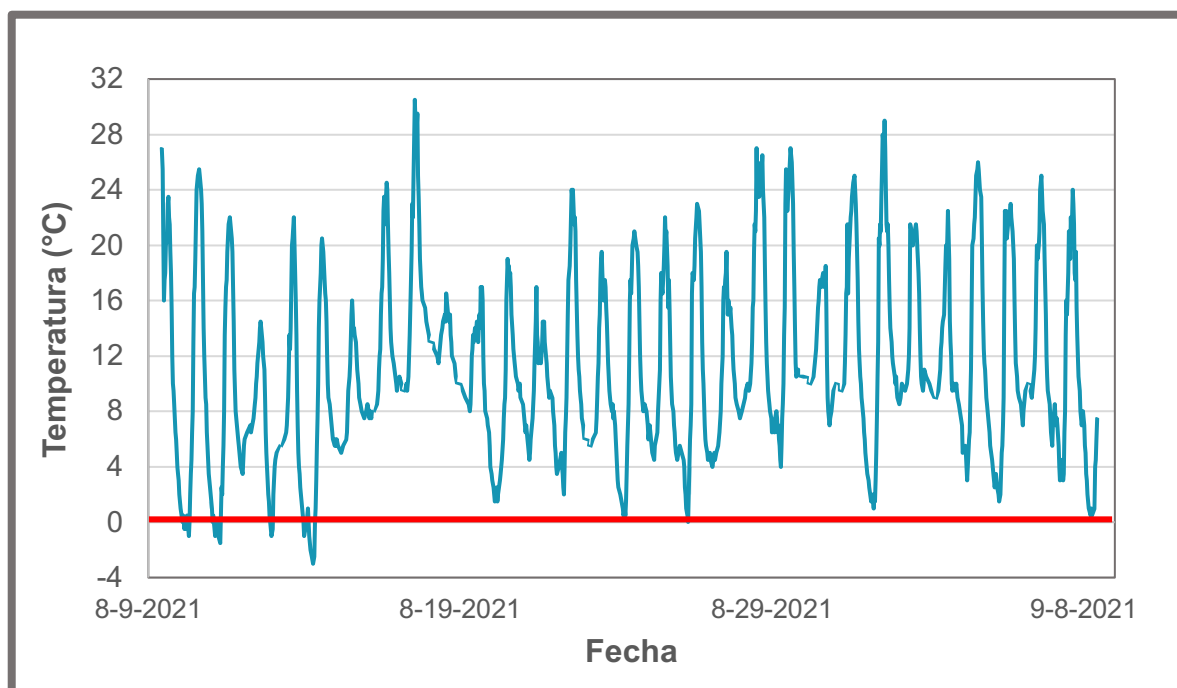
## Contexto

En Talagante durante el verano del 2021, el agricultor Luis Tamayo se contactó con la empresa para utilizar nuestro producto CRIOPROTECT sobre su predio de papas durante la temporada de invierno del 2021 entre los meses de julio a octubre en la zona de El Monte. El agricultor manifiesta que sabe que su producción se ve mermada durante la temporada de invierno, sin embargo, decide afrontar este riesgo debido a los beneficios económicos en términos del precio de venta que se obtiene al comercializar una producción fresca de papas durante septiembre/octubre. Así, para lograr la máxima producción posible, **el agricultor usualmente ha utilizado agroquímicos antiheladas con limitados resultados hasta la fecha, por lo que decidió aplicar el tratamiento por toda la temporada con CRIOPROTECT.**

## Materiales y métodos

El predio está ubicado en Santa Adriana en la zona de El Monte, en la provincia de Talagante (-33.711465, -70.972346). Las aplicaciones comenzaron en julio del 2021 una vez el cultivo emerge utilizando un tractor con barra a un mojamiento de 100L/Ha al 1% con una frecuencia de 14 días con un total de 6 aplicaciones en la temporada. Durante todo el ensayo se registró la temperatura del predio, en la primera mitad de manera remota gracias a nuestra **colaboración con la empresa de monitoreo climático agrícola LemSystem**, y en la segunda mitad gracias a la **instalación de medidores *in situ* por parte de Pewman Innovation**. Otros parámetros medidos fueron **la producción por hectárea** (informado por el mismo agricultor al final de la temporada), **el índice de vigor NDVI** del predio (obtenido a través de imágenes satelitales facilitadas por OneSoil Scouting,) **el contenido de clorofila** (medido espectrofotométricamente en los

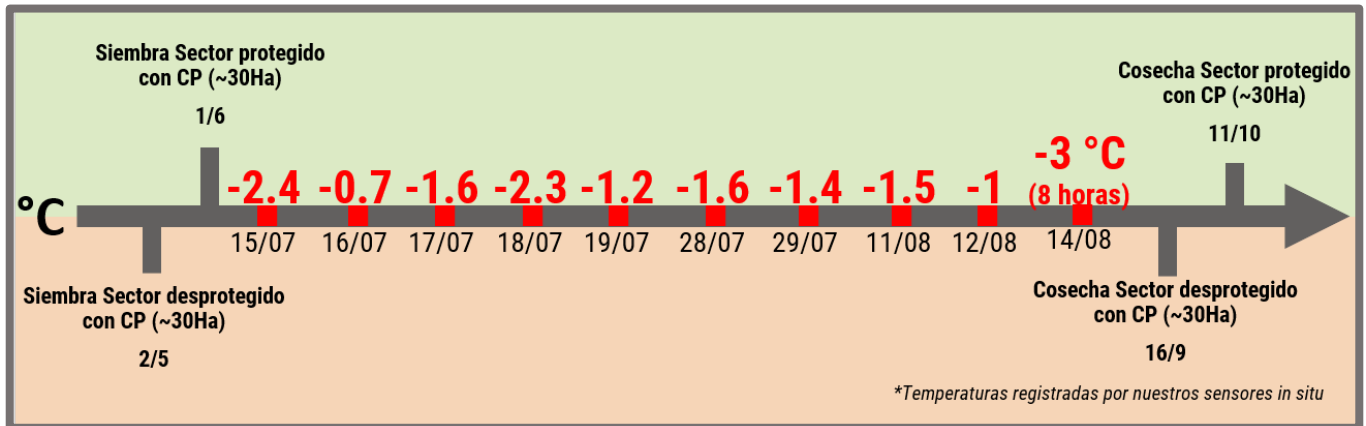
laboratorios de Pewman Innovation), y otros parámetros vegetales relevantes para el caso.



**Figura 1. Parte del registro de la temperatura in situ con sensores. La línea roja indica 0 °C. Las líneas divisorias indican variaciones de 4° C, donde la sensibilidad del sensor es de 0,5°C.**

**Durante la temporada se registró más de 15 eventos con temperaturas inferiores a +0,6°C, temperatura a la cual según lo reportado por INIA en el 2020 se observan severos daños en la planta de papa (Ojeda F. y cols., 2020). Por otro lado, de entre los 10 eventos de temperaturas inferiores a -0,8 °C grados registrados, que corresponde a la temperatura de congelación de la papa según la FAO (Snyder L. y cols., 2010), existió una helada que alcanzó los -3° C y se extendió por 8 horas (14 de agosto). A continuación, se muestra un esquema de las heladas registradas en el predio durante julio y agosto, cuando las plantas ya estaban**

emergidas, y que indica las fechas aproximadas de siembra y cosecha para el sector protegido con CRIOPROTECT y el sector desprotegido.



**Figura 2. Fechas de siembra, cosecha y registro de ocurrencia de heladas.** Las 10 temperaturas mostradas en rojo corresponden a ambos predios, todas las heladas se presentaron cuando las plantas de ambos sectores estaban emergidas.

## Registro fotográfico



**Figura 3. Registro fotográfico del efecto protector de CRIOPROTECT.** Visiones panorámicas del estado general de ambos sectores a finales del mes de julio. Arriba se aprecia el predio protegido con CRIOPROTECT, mientras que abajo se encuentra la zona que no estaba protegida con el producto. Sectores están separados por un camino de 50 metros de ancho.

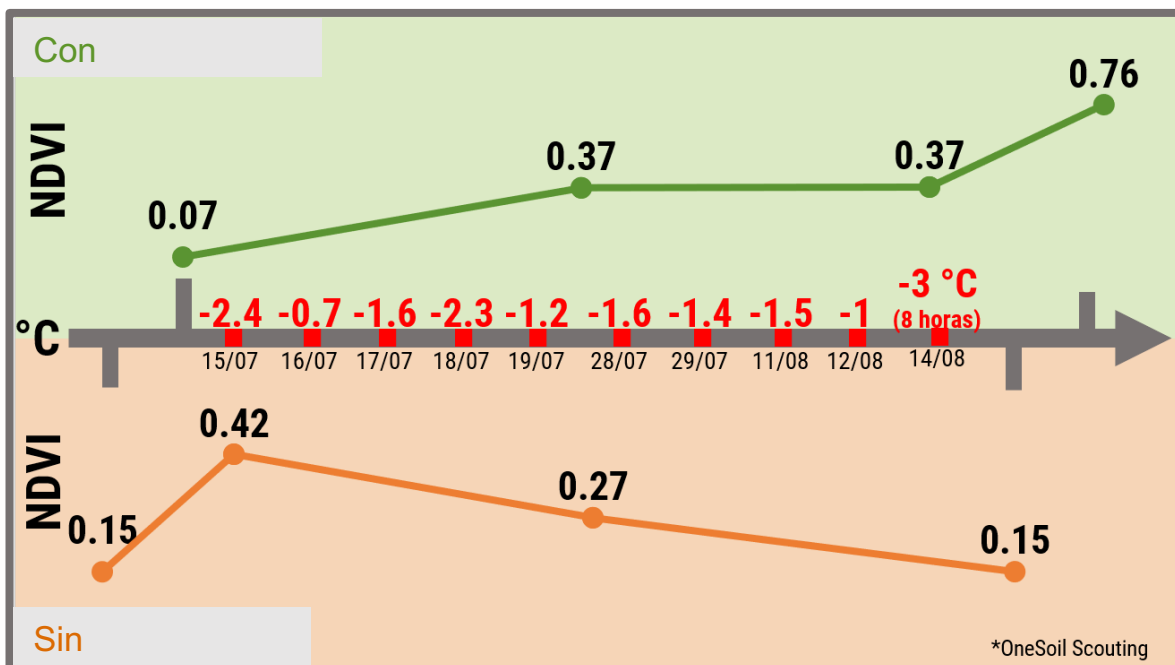
En el registro fotográfico de finales de julio se pueden apreciar claramente las diferencias entre la zona protegida con CRIOPROTECT y la zona sin aplicaciones del producto. En específico, **CRIOPROTECT generó un efecto protector sobre las plantas manteniendo su vigor y color** aun cuando éstas estaban ligeramente más jóvenes y, por tanto, ligeramente más sensibles. En la zona desprotegida se aprecian zonas que fueron fuertemente

afectadas por las heladas y no existen plantas vivas, y otras zonas **donde las plantas que sobrevivieron presentan claros signos de daño (un color más amarillo en vez del verde oscuro y profundo de la zona protegida).**

### Índice de vigor NDVI

El índice de diferencia de vegetación normalizada o **NDVI es un indicador general del estado del predio, generalmente asociado al vigor y la salud vegetal.** Este índice se obtiene a través de observación del color visible e infrarrojo por imágenes satelitales y **su valor va de 0 a 1, donde el 0 representa plantas muertas/tierra seca y 1 representa el máximo verdor posible.** En general, entre 0 y 0,4 se considera mala salud, entre 0,4 y 0,6 se considera una buena salud y sobre 0,6 se considera una salud óptima.

Los valores de NDVI en el tiempo en ambas zonas se obtuvieron desde [OneSoil Scouting](#), herramienta externa pública y gratuita para el monitoreo agrícola satelital. A continuación, se muestra el índice NDVI en fechas claves para este caso de estudio.



**Figura 4. NDVI de la zona protegida con CRIOROTECT y la zona desprotegida.** Se muestra la dinámica del vigor y/o la salud de cada uno de los sectores del predio evidenciado por el índice de vigor NDVI con mediciones antes, durante y después de los eventos de heladas.

El índice NDVI apoya la observación del registro fotográfico en cuanto a la salud y el estado de las plantas tratadas con CRIOPROTECT. Como se observa, **los cultivos de la zona protegida crecieron adecuadamente a pesar de enfrentar las heladas** de julio siendo plantas bastante jóvenes (índice NDVI 0,37). Luego **los cultivos protegidos mantuvieron su vigor y salud** incluso durante la helada más dura de la temporada, para finalmente desarrollarse y **disparar su vigor y salud hacia la época de cosecha (NDVI 0,76)**. Por otro lado, la zona desprotegida que fue sembrada unas semanas antes se desarrollo adecuadamente durante junio e inicios de Julio (NDVI 0,42). Sin embargo, a diferencia de la zona protegida con CRIOPROTECT, **las heladas de julio y agosto afectaron dramáticamente la zona desprotegida** con índices NDVI muy bajos (NDVI 0,27 y 0,15). Estos valores dan cuenta de **daño severo en los cultivos desprotegidos y reflejan**

grandes pérdidas de vigor y salud de las plantas como consecuencia de las heladas.

Esta dinámica también es evidenciada a lo largo de la temporada en cada uno de los sectores al analizar el mapa de colores elaborado en base al NDVI.

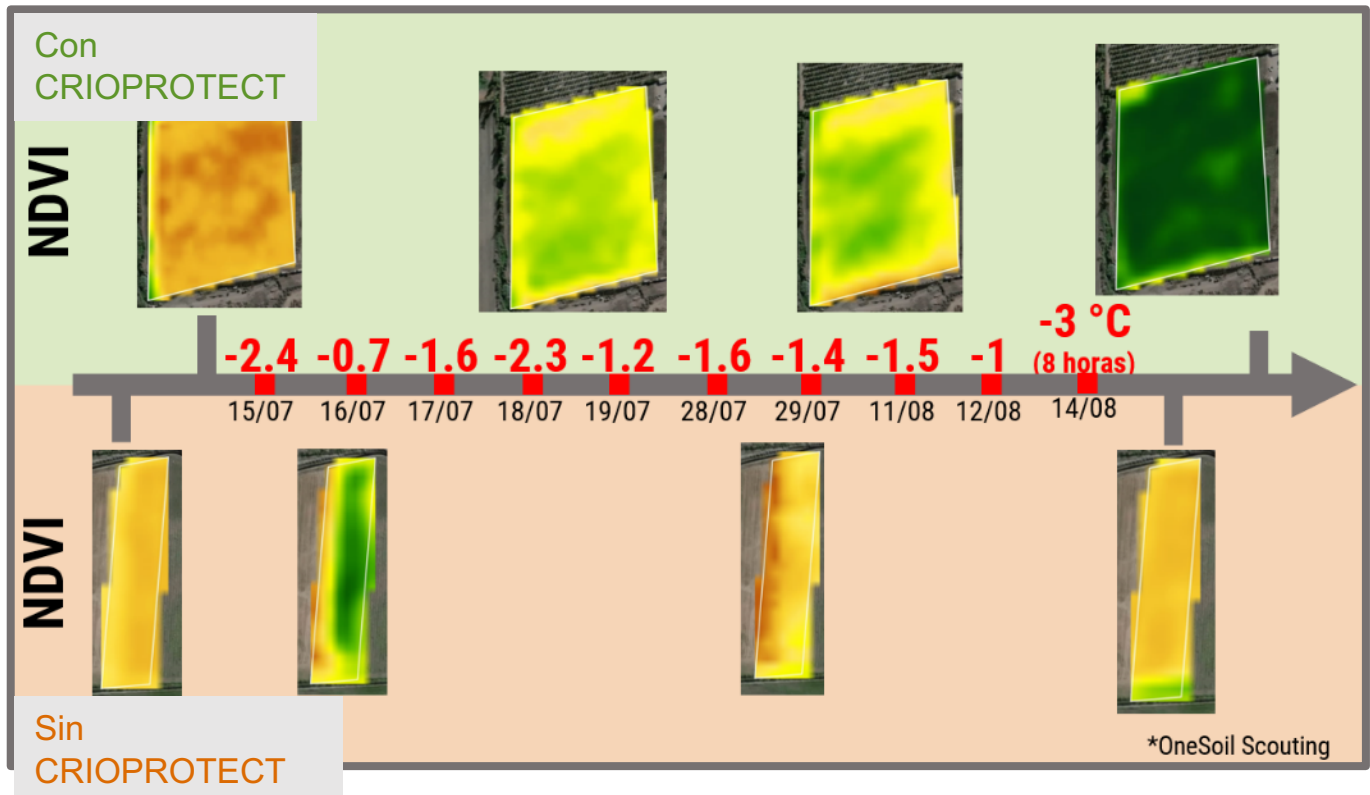


Figura 5. Mapa de colores de ambas zonas a lo largo del tiempo. Se muestra la dinámica del vigor y/o la salud de cada uno de los sectores del predio evidenciado por el mapa de colores antes, durante y después de los eventos de heladas.

A través de este método se evidenció una **diferencia significativa en la salud** de ambos predios al final de la temporada. Mediante este análisis se observa de manera más clara que **a pesar de que el predio desprotegido tenía buena salud a mediados de julio, no logró soportar las heladas de esta temporada.** Por otro lado, **el sector protegido con CRIOPROTECT soportó eficientemente los abundantes eventos de heladas de la**



temporada, incluso aumentando el verdor, vigor y salud del cultivo hasta la época de cosecha.

### Niveles de clorofilas y carotenoides

Se determinó mediante un ensayo espectrofotométrico el contenido de clorofila en hojas de plantas de papa en la zona protegida con CRIOPROTECT. El contenido de clorofila fue comparado con los niveles determinados en cultivos no sometidos a ningún tipo de estrés. Las características de las hojas de las plantas de la zona desprotegida no permitieron realizar las determinaciones de pigmentos adecuadamente.

Como se muestra en la Tabla 1, los resultados de la cuantificación de clorofila indican que las plantas de papas de la zona protegida con **CRIOPROTECT presentan niveles normales de clorofila** hasta el final de la temporada, en donde la cantidad de clorofila en mg/L es en promedio igual o **incluso ligeramente más alta que la de las plantas utilizadas como control**, lo cual coincide con el indicador de salud observado previamente. Este resultado es especialmente relevante considerando los resultados que indican que estos cultivos estuvieron expuestos a más de 8 episodios de heladas.

<i>Triplicado (mg/L)</i>	
<b>Por variedad</b>	
Rodeo – Clorofila a	
Promedio	3,39
<i>Desviación</i>	0,44
Rodeo – Clorofila b	
Promedio	1,28
<i>Desviación</i>	0,12

Rodeo – Carotenoides	
Promedio	0,92
<i>Desviación</i>	<i>0,15</i>
Asterix – Clorofila a	
Promedio	2,97
<i>Desviación</i>	<i>0,16</i>
Asterix – Clorofila b	
Promedio	1,21
<i>Desviación</i>	<i>0,08</i>
Asterix – Carotenoides	
Promedio	0,82
<i>Desviación</i>	<i>0,05</i>

**Tabla 1. Cuantificación de clorofila de la zona protegida con CRIOPROTECT (Rodeo) y un control (Asterix).** Se muestran los resultados de la cuantificación de clorofila en miligramos de peso seco por cada litro de solución. La variedad Rodeo corresponde a la analizada en este caso y Asterix es la variedad control.

### Rendimiento de producción

**Todas estas observaciones cualitativas y mediciones cuantitativas son un indicador del estado general de salud y vigor de las plantas, e influyen directamente en el rendimiento de producción de los cultivos.**

A continuación, se muestra un ejemplo de una cosecha típica de papas, donde los tallos y hojas de las plantas se apilan a los costados de los surcos para cosechar la papa que está en la tierra. Además, se presenta un registro fotográfico del día de la cosecha del sector desprotegido.



**Figura 6. Ejemplo de una cosecha típica (arriba) y registro fotográfico de la cosecha del sector desprotegido.**

Por otro lado, **el sector protegido presentó plantas con buena salud, con abundante biomasa y pigmentación como indica el registro fotográfico del predio solo 5 días antes de la cosecha.**



**Figura 7. Registro fotográfico de la zona protegida 5 días antes de la cosecha.** Se muestran los ejemplares del predio protegido 5 días antes de la cosecha a los cuales posteriormente se les cuantificó el contenido de clorofila.

En el caso de las papas, el agricultor Luis Tamayo mencionó al inicio de la temporada que el rendimiento esperado por hectárea específicamente en la zona en la que está ubicado su predio es de 25 toneladas. Según sus propias palabras, al plantar en invierno, es usual una disminución entre un 50-70% de la producción debido a eventos de heladas. A continuación, se muestran los resultados reportados por el agricultor Luis Tamayo al final de la cosecha en cada uno de los sectores.

Sector	Producción
<i>Esperado (clima normal)</i>	<i>25 toneladas / Ha</i>
CRIOPROTECT (heladas)	25-32 toneladas / Ha
Control (heladas)	3-5 toneladas / Ha

**Tabla 2. Cuantificación de la producción.** Se muestra el resultado esperado por hectárea y los resultados del rendimiento de producción de cada zona (datos brindados por el agricultor).

Al comparar el rendimiento por hectárea de los sectores, se evidencia que **CRIOPROTECT permitió al agricultor mantener su rendimiento por hectárea durante la temporada de invierno como si fuera una producción normal en la temporada de verano. En algunas zonas incluso se presentó un rendimiento superior, cosechando más de 30 toneladas por hectárea.** Estos resultados representan un **aumento de hasta 6 veces en la producción por hectárea debido al uso de CRIOPROTECT** durante la temporada de invierno. También es necesario recalcar que toda esta producción extra fue obtenida durante la temporada alta para esta variedad vegetal, por lo que esta cosecha fresca, además de abundante, fue comercializada a un **precio más alto**, generando un doble beneficio económico para el agricultor.

## Conclusiones

- La aplicación de CRIOPROTECT al 1% cada 14 días durante la temporada de invierno permitió **aumentar la producción en cultivos de papas en hasta un 500%.**
- CRIOPROTECT genera una **protección efectiva frente al daño por heladas**, evidenciado en la **mejora de todos los parámetros analizados: apariencia, color, índice NDVI, cuantificación de pigmentos y principalmente producción.**
- La aplicación de **CRIOPROTECT permitió que las plantas toleren más de 8 episodios de heladas, algunas con duración de hasta 8 horas y con temperaturas de -3 °C.**
- CRIOPROTECT tiene un **impacto positivo sobre el índice de vigor vegetal NDVI**, lo cual se relaciona directamente a la **salud del predio y la producción.**
- **Los análisis de pigmentos vegetales confirman la salud óptima** en la que se encontraban los cultivos tratados con CRIOPROTECT a

pesar de las numerosas heladas sufridas, donde tanto la clorofila a como la clorofila b y carotenoides se encontraban **en niveles incluso superiores en comparación a plantas no estresadas de la misma especie.**