



INFORME TECNICO FINAL

Nombre del proyecto	GEOCHILLY: Prototipo de un sistema geotérmico de baja entalpía para el control de heladas en melones y cerezos
Código del proyecto	PYT-2017-0207
Informe final	Informe final
Período informado (considerar todo el período de ejecución)	desde el 4 de abril 2017 hasta el 31 de julio 2020
Fecha de entrega	13 de agosto 2020

Nombre coordinador	Dvoralai Wulfsohn
Firma	

INSTRUCCIONES PARA CONTESTAR Y PRESENTAR EL INFORME

- Todas las secciones del informe deben ser contestadas, utilizando caracteres tipo Arial, tamaño 11.
- Sobre la información presentada en el informe:
 - Debe dar cuenta de todas las actividades realizadas en el marco del proyecto, considerando todo el período de ejecución, incluyendo los resultados finales logrados del proyecto; la metodología utilizada y las modificaciones que se le introdujeron; y el uso y situación presente de los recursos utilizados, especialmente de aquellos provistos por FIA.
 - Debe estar basada en la última versión del Plan Operativo aprobada por FIA.
 - Debe ser resumida y precisa. Si bien no se establecen números de caracteres por sección, no debe incluirse información en exceso, sino solo aquella información que realmente aporte a lo que se solicita informar.
 - Debe ser totalmente consistente en las distintas secciones y se deben evitar repeticiones entre ellas.
 - Debe estar directamente vinculada a la información presentada en el informe financiero final y ser totalmente consistente con ella.
- Sobre los anexos del informe:
 - Deben incluir toda la información que complemente y/o respalde la información presentada en el informe, especialmente a nivel de los resultados alcanzados.
 - Se deben incluir materiales de difusión, como diapositivas, publicaciones, manuales, folletos, fichas técnicas, entre otros.
 - También se deben incluir cuadros, gráficos y fotografías, pero presentando una descripción y/o conclusiones de los elementos señalados, lo cual facilite la interpretación de la información.
- Sobre la presentación a FIA del informe:
 - Se deben entregar tres copias iguales, dos en papel y una digital en formato Word (CD o pendrive).
 - La fecha de presentación debe ser la establecida en el Plan Operativo del proyecto, en la sección detalle administrativo. El retraso en la fecha de presentación del informe generará una multa por cada día hábil de atraso equivalente al 0,2% del último aporte cancelado.
 - Debe entregarse en las oficinas de FIA, personalmente o por correo. En este último caso, la fecha válida es la de ingreso a FIA, no la fecha de envío de la correspondencia.
- El FIA se reserva el derecho de publicar una versión del Informe Final editada especialmente para estos efectos.

CONTENIDO

1.	ANTECEDENTES GENERALES	4
2.	EJECUCIÓN PRESUPUESTARIA DEL PROYECTO	4
3.	RESUMEN EJECUTIVO	5
4.	OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO	7
5.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS (OE)	7
6.	RESULTADOS ESPERADOS (RE)	8
7.	CAMBIOS Y/O PROBLEMAS DEL PROYECTO.....	34
8.	ACTIVIDADES REALIZADAS EN EL PERÍODO.....	38
9.	POTENCIAL IMPACTO	40
10.	CAMBIOS EN EL ENTORNO	40
11.	DIFUSIÓN.....	41
12.	PRODUCTORES PARTICIPANTES	42
13.	CONSIDERACIONES GENERALES	43
14.	CONCLUSIONES	43
15.	RECOMENDACIONES	44
16.	ANEXOS.....	45
17.	BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA.....	46

1. ANTECEDENTES GENERALES

Nombre Ejecutor:	Geco Enterprises Ltda
Nombre(s) Asociado(s):	n/a
Coordinador del Proyecto:	Dvora Laio Wulfsohn
Regiones de ejecución:	O'Higgins
Fecha de inicio iniciativa:	04 abril 2017
Fecha término Iniciativa:	30 septiembre 2021

2. EJECUCIÓN PRESUPUESTARIA DEL PROYECTO

Costo total del proyecto			
Aporte total FIA			
Aporte Contraparte	Pecuniario		
	No Pecuniario		
	Total		

Acumulados a la Fecha		Monto (\$)
Aportes FIA del proyecto		
1. Aportes entregados	Primer aporte	
	Segundo aporte	
	Tercer aporte	
	Cuarto aporte	
	Quinto aporte	
2. Total de aportes FIA entregados (suma N°1,2,3,4,y5)		
3. Total de aportes FIA gastados		
4. Saldo real disponible (N°1 – N°5) de aportes FIA		
Aportes Contraparte del proyecto		
1. Aportes Contraparte programado	Pecuniario	
	No Pecuniario	
2. Total de aportes Contraparte gastados	Pecuniario	
	No Pecuniario	
3. Saldo real disponible (N°1 – N°2) de aportes Contraparte	Pecuniario	
	No Pecuniario	

3. RESUMEN EJECUTIVO

3.1 Resumen del período no informado

Informar de manera resumida las principales actividades realizadas y los principales resultados obtenidos durante el período comprendido entre el último informe técnico de avance y el informe final. Entregar valores cuantitativos y cualitativos.

Abril – Julio 2020

Diseño de instalación cortaviento para el ensayo de cerezas, cotizaciones de materiales y mano de obra para las instalaciones correspondientes al segundo prototipo de ensayos de cerezos.

Análisis más completo de los resultados de experimentos y comparación con modelos / validación

Elaboración y difusión en publrreportajes en tres publicaciones dirigidos a la industria y productores agrícolas.

Retiro de equipos desde los campos bajo ensayo para cierre de proyecto.

Escribir el informe final.

3.2 Resumen del proyecto

Informar de manera resumida las principales actividades realizadas y los principales resultados obtenidos durante todo el período de ejecución del proyecto. Entregar valores cuantitativos y cualitativos.

Al inicio del proyecto se realizó un conjunto de actividades al objeto de establecer in situ a través de diferentes pruebas la disponibilidad del recurso en las comunas de Pichidegua y San Fernando para un uso sustentable. Para ello se realizaron actividades tales como: la exploración y análisis hidrogeológico, diseño de los pozos de extracción y reinyección para el control de heladas, se modelo la ubicación y tamaño del recurso geotérmico en Pichidegua y San Fernando como resultado de ello permitió: describir la ubicación y magnitud del reservorio geotérmico del lugar donde se instalaron los prototipos, diseñar los pozos de extracción e inyección asociado a la capacidad del reservorio y modelar el potencial geotérmico en termino de caudales de extracción sustentables para el control de temperatura.

Con los antecedentes recabados en la etapa inicial y el apoyo de software de simulación se diseñó el prototipo a pequeña escala de sistema de distribución de energía geotérmica para melón y unos conceptos alternativos para Cerezos, ensayos que se llevaron a cabo en Chile y EEUU. A partir de estos resultados de los experimentos a pequeña escala se logró establecer unas especificaciones de diseño, y calibrar modelos del sistema en términos de flujos de caudal, cambios en temperatura del agua circulando y perdidas de calor. Aplicando los modelos permitió dimensionar el prototipo a utilizar en

terreno. Se estableció las especificaciones de equipos, materiales, presiones de trabajo, flujos y manejo de temperatura, así como la instalación de instrumentación de monitoreo de clima, y el microclima de las plantas y de suelo y aire durante las heladas.

Posteriormente se procedió a la implementación en campo del prototipo para control de heladas de melón en primera instancia y Cerezos, se ha dejado para el año 2 debido a la necesidad de disponer de la experiencia en melones ya que en cerezos el volumen afectado por una helada es mayor involucrando una solución más compleja y costosa.

En el caso de los melones resultó exitoso ya que se logró cosechar un cultivo plantado 1 mes antes de la fecha típica de primores de la zona utilizando agua de pozo a 18.6° y un caudal de 1.2 l/s. Los tratamientos en melón con geotermia aumentaron la temperatura en túneles en 4°C sobre la temperatura en túneles sin regulación de temperatura durante los periodos de baja temperatura de 0°C a -1.6°C, con duraciones de 3 horas, con pérdidas en el agua circulando de hasta 2°C. Proyectando estos resultados, la temperatura y caudal disponibles son adecuadas para proteger 0.5 ha de cultivo durante una helada típica de -2°C de 6 horas, o contra una helada más fría durante un periodo más corto. Además, se ocupó el sistema para disminuir la temperatura en 5°C en túneles en los días calurosos, cabe recordar que el crecimiento y polinización del melón se ve afectado por las altas temperaturas.

Los resultados de pruebas hechas en primavera en cerezos indicaron que se debía hacer más ajustes al sistema, para aumentar la cantidad de calor del agua que se irradia en los árboles y es crucial lograr disminuir el viento que llega a los árboles, cambios que se comenzaron a evaluar sin embargo producto del Covid-19 no pudieron ser implementados ante la incertidumbre y riesgo para el equipo de trabajo.

Se realizó el análisis técnico y económico para el cultivo del melón, para lo cual a partir de los resultados obtenidos en el ensayo se proyectó a 1 ha de melón cosechada 1 mes antes del primer de la zona (en noviembre) con frutos de un peso promedio de 1.05 kilos / fruto y 28 700 unidades de melón, equivalente a 30 100 kilogramos / ha.

Al realizar un flujo considerando que existen inversiones por \$ 2 018 644, es posible obtener un TIR de 443% y una VAN de \$ 26 317 Al realizar los flujos con una cosecha de diciembre se obtiene una TIR 98 y un VAN de 2291

Tanto el análisis directo de ingresos v/ s costo como el análisis de los indicadores financieros dan cuenta que es más rentable cultivar con geotermia para obtener cosecha temprana y acceder a un mejor precio de mercado.

La difusión de los resultados del proyecto a productores y la industria agrícola se inició con una actividad dirigida a productores hortaliceros de la Región con la participación de 35 personas entre agricultores y asesores, posteriormente a causa del estallido social y hoy el Covid-19 las actividades con productores se debieron suspender, concentrando la difusión en la revista Coagra, Red agrícola dirigida a agricultores del sector hortofrutícola y el diario El Colchaguino de la región de OHiggins.

4. OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO

Implementar un prototipo de sistema de control de heladas en cerezos y melones usando como fuente energética la geotermia de baja entalpía.

5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS (OE)

5.1 Porcentaje de Avance

El porcentaje de avance de cada objetivo específico se calcula luego de determinar el grado de avance de los resultados asociados a éstos. El cumplimiento de un 100% de un objetivo específico se logra cuando el 100% de los resultados asociados son alcanzados.

Nº OE	Descripción del OE	% de avance al término del proyecto ¹
1	Establecer in situ a través de diferentes pruebas la disponibilidad del recurso para un uso sustentable de éste	100%
2	Diseño del prototipo para control de heladas en melón y cerezos elaborado con el apoyo de software de simulación y evaluaciones experimentales a pequeña escala	100%
3	Implementación en campo del prototipo para control de heladas de melón y cerezos	100%
4	Evaluación técnico, operacional y económico del sistema implementado	80%
5	Difusión de los resultados del proyecto a productores y la industria agrícola	70%

¹ Para obtener el porcentaje de avance de cada Objetivo específico (OE) se promedian los porcentajes de avances de los resultados esperados ligados a cada objetivo específico para obtener el porcentaje de avance de éste último.

6. RESULTADOS ESPERADOS (RE)

Para cada resultado esperado debe completar la descripción del cumplimiento y la documentación de respaldo.

6.1 Cuantificación del avance de los RE al término del proyecto

El porcentaje de cumplimiento es el porcentaje de avance del resultado en relación con la línea base y la meta planteada. Se determina en función de los valores obtenidos en las mediciones realizadas para cada indicador de resultado.

El porcentaje de avance de un resultado no se define según el grado de avance que han tenido las actividades asociadas éste. Acorde a esta lógica, se puede realizar por completo una actividad sin lograr el resultado esperado que fue especificado en el Plan Operativo. En otros casos se puede estar en la mitad de la actividad y ya haber logrado el 100% del resultado esperado.

	Nº RE	Resultado Esperado ² (RE)	Indicador de Resultados (IR)					Fecha alcance meta real ⁸	% de cumplimiento
			Nombre del indicador ³	Fórmula de cálculo ⁴	Línea base ⁵	Meta del indicador ⁶ (situación final)	Fecha alcance meta programada ⁷		
1	1	Descripción del ubicación y magnitud del reservorio geotérmica de los sitios donde se instalarán los prototipos	Informe con descripción del recurso hidro-térmico-geológico a sitio-específico	Cantidad informes	0	2	Marzo 2018	Marzo 2018	100
Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.									
En abril 2017 el profesional Stephen Dwight Miller, visitó Chile para reuniones de trabajo conjuntas y por Internet con Bill Glassley de la Universidad de California - Davis, experto en geológica y sistemas geotérmicos. Desde esta primera reunión tuvimos varias reuniones técnicas por Internet, y además intercambios de información y datos. En mayo de 2017 logramos tener reunión con el equipo del Centro de Excelencia en Geotermia de Los Andes (CEGA), Universidad de Chile, quienes comienzan a trabajar en terreno en geofísica la tercera semana de agosto 2017. Se recibió informe preliminar de prospección geofísica de dos sitios (Los Romos - Pichidegua, Los Lingues - San Fernando) el 12 de octubre 2017 de parte de CEGA, y un informe actualizado el 2 de diciembre 2017. No obstante, recomendamos unos cambios en el informe. El informe final fue entregado por parte de CEGA al fin de marzo 2018. CEGA realizó las evaluaciones para determinar la geometría de las unidades geológicas en profundidad y el acuífero realizaron mediciones con dos tipos de equipos: TEM y ERT. Los perfiles geofísicos determinados indicaron la existencia de capas de distintos materiales en caso del sitio Pichidegua a profundidades entre 5 a 25 m, entre 25 a 35 m, y abajo, pero falta información sobre la permeabilidad de suelo y capacidad de agua real en estas capas sin hacer una perforación y prueba de bombeo. Además, entregaron datos de conductividad térmica del suelo superficial en los sitios explorados. Se tomó muestras de los suelos de cada sitio y analiza en laboratorio referidos a textura, porosidad, densidad, capacidad de retención de agua entre otros. Se condujo pruebas de infiltración en los sitios de Pichidegua y, en 2019, del San Fernando El Coigue. Realizamos un censo y contacto con todos los pozos de APR y privados que están en las áreas de interés para acuerdo de trabajo y evaluación de temperaturas. Contamos un mínimo de cuatro y hasta 12 mediciones en el periodo mayo 2017 a agosto 2018 de niveles y temperaturas en profundidad a través de pozos en las zonas alrededor de los sitios del proyecto: tres pozos en Pichidegua y siete pozos en San Fernando. Además, se sumó mediciones en los pozos construidos para la implementación del prototipo en el sitio de Pichidegua en los meses de mayo, junio y agosto de 2018. Los datos de mediciones de									

temperatura de pozos indican que se debe ser posible extraer agua con temperaturas de 17°C y más a profundidades mayor a 15 m durante todo el año en la zona de Pichidegua (acuífero Cachapoal), y de 15°C y más a profundidades mayor a 20 m en la zona de San Fernando (acuífero Tinguiririca). Los pozos del sitio Pichidegua, ubicados justo al borde de la estribación del cerro rindieron flujos cercana a 1 l/s con una temperatura muy favorable de 18.5°C que es una de las más altas que encontramos en la zona.

Documentación de respaldo (indique en que nº de anexo se encuentra)
Se debe considerar como información de respaldo: gráficos, tablas, esquemas y figuras, material gráfico, entre otros, que permitan visualizar claramente los antecedentes que sustentan las conclusiones y recomendaciones relevantes del desarrollo del proyecto.

Anexos 1 (pozos), 2 (suelo), 3 (geofísica)

² Resultado Esperado (RE): corresponde al mismo nombre del Resultado Esperado indicado en el Plan Operativo.

³ Nombre del indicador: corresponde al mismo nombre del indicador del Resultado Esperado descrito en el Plan Operativo.

⁴ Fórmula de cálculo: corresponde a la manera en que se calculan las variables de medición para obtener el valor del resultado del indicador.

⁵ Línea base: corresponde al valor que tiene el indicador al inicio del proyecto.

⁶ Meta del indicador (situación final): es el valor establecido como meta en el Plan Operativo.

⁷ Fecha alcance meta programada: es la fecha de cumplimiento de la meta indicada en el Plan Operativo.

⁸ Fecha alcance meta real: es la fecha real de cumplimiento al 100% de la meta. Si la meta no es alcanzada, no hay fecha de cumplimiento.

Nº O E	Nº RE	Resultado Esperado (RE)	Indicador de Resultados (IR)					Fecha alcance meta real	% de cumpli miento
			Nombre del indicador	Fórmula de cálculo	Línea base	Meta del indicador (situación final)	Fecha alcance meta programada		
1	2	Diseño de configuración de pozo(s) de extracción e inyección en los sitios que corresponden a la capacidad del reservorio	Informe de configuración de pozos para el control de heladas y análisis de flujos y temperaturas con extracción/reinyección del agua de acuíferos	Nr. informe s	0	2	Julio 2018	Julio 2018	100
Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.									

CEGA realizó las evaluaciones para determinar la geometría de las unidades geológicas en profundidad y el acuífero realizaron mediciones con dos tipos de equipos TEM y ERT sin dar recomendaciones específicas de ubicaciones y profundidades de pozos en el informe. Los perfiles geofísicos determinados indicaron la existencia de capas de distintos materiales en caso de Pichidegua a profundidades entre 5 a 25 m, entre 25 a 35 m, y abajo, pero falta información sobre la permeabilidad de suelo y capacidad de agua real en estas capas sin hacer la perforación y prueba de bombeo. Planes obtenidos de DGA para pozos vecinos que tenían flujos de 19 l/s y más indicando que en general los pozos tienen profundidades entre 35 a 50 m. En su informe sobre el modelo de flujos en el sitio (Anexo 5), Dr Bill Glassley posterior a sus evaluaciones, recomendó que se debe instalar las bombas en Pichidegua a profundidades no menor a 35 m y con caudales no más de 5 l/s considerando la sustentabilidad del recurso por una extracción durante 20 años. Por extracciones menores y no constantes se puede considerar un pozo de menor profundidad. Su recomendación fue a instalar el pozo de reinyección en dirección oeste-noroeste en relación del pozo de extracción.

Es importante señalar que el modelo es basado en la información disponible sobre la geología de la zona y sin mediciones de la permeabilidad de suelos y rocas, datos de caudales de pozos determinados hace 10 a 15 años y la disponibilidad de agua podría haber cambiado, por lo cual debió considerarse de forma holística toda la información recabada y los modelos de simulación aplicados y realizados con la experiencia de los profesionales del equipo.

Se perforó un pozo de 6" en el sitio de Pichidegua en marzo 2018, la primera etapa de la instalación del sistema de control de heladas en este sitio. Se perforó, encontrándose agua que alcanza a 1 m bajo el nivel del suelo, y se tomó muestras de suelo a diferentes profundidades. A una profundidad de 23.5 m se encontró una capa dura que corresponde a una capa de granulometría distinta, que no se pudo penetrar con la broca de la máquina. Según el estudio geofísica esta capa se extiende a lo menos 8 a 10 m de profundidad. Para perforar 8" a profundidades mayores se necesitará una máquina más poderosa. El pozo fue engavillado y entubado para realizar las pruebas de bombeo que se retrasaron debido a que el profesional contratado se encontraba en otra obra que presentó dificultades coincidiendo con el fin de semana largo. Del punto de la vista teórico y se estima a esa etapa del proyecto que las necesidades del proyecto eran de 5 l/s caudal para 1 ha. Lamentablemente la prueba de bomba si bien partió con valores de 5 l/s cayó rápidamente a 0.8 l/s, sobre la base de ello el equipo de trabajo determinó parar la perforación y la prueba de bombeo sin completar 24 horas de pruebas. El informe de la geofísica de CEGA indicaba un cambio de la granulometría del suelo a los 30 m de profundidad, no obstante, como el pozo se va entubando y engravillando para realizar las pruebas de bombeo, no fue posible profundizar el pozo.

Con la autorización de FIA y la optimización correspondiente se perforó un pozo en otra ubicación del mismo predio a 42 m de profundidad y con un diámetro de 8" para pozo de extracción en búsqueda de un mayor caudal, para lo que se contrató una segunda empresa. Tras varios días de testeo y una prueba de bombeo en julio 2018 se logró de forma estable no más de 1.3 l/s (Anexo 4). Al mismo tiempo de la prueba de bombeo se monitoreó el nivel de agua en el pozo de 6", cuyos datos fueron utilizados para obtener estimaciones de la transmisibilidad de las rocas por el Dr Glassley. Durante el periodo de

perforación se tomaron muestras de suelo dando cuenta de una alta densidad y partículas finas aun en las capas con granulometría más grueso.

Por otro parte los datos geofísicas obtenidos por CEGA en nuestro sitio sugieran que no habría mucha mejoría al perforar más profundamente dentro de los 80-100 m, con presupuesto acotado se decidió continuar con los dos pozos perforados, utilizando el pozo de 1.3 l/s de 8" diámetro y 42 m de profundidad con una bomba de 2 l/s para extracción y el pozo de menos profundo 23.5 m de 6" para inyección (aunque no era el ubicación óptimo para eso según el informe de Dr Glassley) y así reducción proporcional del tamaño del prototipo. Adicionalmente se instaló válvulas y flujómetros para controlar que el flujo no sobrepasará los 1.3 l/s. Como se indica en los informes de los ensayos con melón, en la primera temporada de ensayos se ocupó el pozo de inyección, pero no fue suficientemente debido a la baja permeabilidad del suelo y usamos las zanjas de los canales con éxito para recargar el agua frío que salió del sistema, al acuífero, durante los meses del invierno cuando todavía no se abrían los canales de riego. El suelo de las zanjas que no fueron bajo cultivo tenía una tasa de infiltración mucho más alta que el suelo que se ha cultivado el productor para hortalizas.

Las razones de la baja tasa de extracción en comparación con los pozos vecinos no se conocen, pero sabemos que la geología local es muy heterogénea y se especula que las condiciones están relacionadas con la proximidad del sitio con el cerro (300 m), errores de asumidos (en retrospectiva) en el informe de CEGA, sobre explotación de acuíferos con pozos sin declarar en la zona y la sequía del año, ya que no se dio el comportamiento del pozo más cercano (APR Los Romos, 680 m al noreste del sitio y a 1 km del cerro) que extraen agua con una bomba de 10 l/s y su temperatura a profundidad es de 1°C menos de los de nuestros pozos. Según un informe de DGA (INGEOREC Ltda., 2011) las pruebas de bombas en la zona del acuífero Cachapoal, han mostrado variaciones considerables entre 1 l/s/m o menos hasta 80 l/s/m.

Estaba proyectado para frutales probar en cerezos del Fundo Los Lingues

pero la fuente de geotermia con los caudales requeridos se encuentra más de 700 m del predio lo cual encárese el proyecto. Con el permiso de FIA a cambiar ubicación, conseguimos permiso de un productor de cerezos (Agrícola El Coigüe en Roma Arriba, que tiene dos pozos profundos muy cercanos al huerto, de usar su campo para el proyecto. Una opción era usar uno de los pozos para extracción de agua y el otro para reinyección, pero requiere modificaciones al segundo pozo y de transportar el agua frío 500 m, lo cual también encárese el proyecto. El productor estaba en proceso de terminar un estanque (de suelo) de 400 m³ que también consideramos como opción de infiltrar agua al acuífero, pero ese estanque se ubica muy cercana al pozo, y se estima que se reducirá la temperatura del agua de pozo. Finalmente, se decidió devolver agua al subterráneo usando las zanjas del predio. El pozo que usamos se ubica 130 m del cuartel donde instalamos el prototipo para lo cual se condujo el agua por tuberías y bajo suelo. El sitio se ubica cercano a los dos pozos del APR Roma Arriba de los cuales nos mantuvimos monitoreando la temperatura y nivel estático durante la duración del proyecto. Adquirimos las pruebas de bombeo de los dos pozos del productor (del año 2014)

Documentación de respaldo (indique en que nº de anexo se encuentra)
Anexo 4 (Prueba de bombeo Pichidegua)

Nº OE	Nº RE	Resultado Esperado (RE)	Indicador de Resultados (IR)					Fecha alcance meta real	% de cumplimiento
			Nombre del indicador	Fórmula de cálculo	Línea base	Meta del indicador (situación final)	Fecha alcance meta programada		
1	3	Modelación y análisis del potencial geotérmica de la zona en términos de caudales de extracción sustentables para las duraciones necesarios y drawdown del reservorio permitido, sustentabilidad, el riesgo y robustez para las temperaturas y caudales requisitos	Informe presentando un mapa 3-dimensional del recurso térmico estimada por el modelo con un análisis de sustentabilidad	Modelo 3D con análisis de sustentabilidad	1 modelo crudo	2	Marzo 2018	Marzo 2018	100
Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.									
CEGA nos informó que no pueden hacer el modelamiento con la licencia académico de FEFlow que tienen. Por ello, Dr Bill Glassley construyo los modelos 3D de flujo de agua y temperatura de los sitios explorados en Pichidegua y San Fernando usando software de elementos finitos FEHM (https://fehm.lanl.gov/) y la herramienta de simulaciones de análisis riesgo de proyectos de geotermia RAREEDGE (Robust Analysis of Risk for Exploration and Development of Geothermal Energy). Para construir los modelos a escala fina (3 km x 3.5 km x 150 m profundidad) se uso la información de los perfiles geofísicas obtenidos en los sitios las propiedades térmicas del suelo superficial, los datos de mediciones temperatura de pozos, geología general de cada zona, y estimaciones de permeabilidades de zonas geológicas que se obtuvo usando un modelo a escala regional. Es importante indicar que los modelos son aproximaciones aspecto abordado en el indicador anterior. Así también, es conocido que zonas aluviales como son notorios de estar muy heterogéneos en su geología subterránea. Cada modelo simulo la extracción y recarga de agua durante un periodo de 10 a 20 años para estudiar la sustentabilidad del recurso. Asumo, basado en los datos disponibles de pozos existentes en la zona, que se puede extraer caudales sobre 10 l/s en las zonas de Pichidegua y San Fernando. Según el modelamiento, los flujos más altos están entre 20 m a 50 m de profundidad y se puede bombear 5 l/s en Pichidegua y 5-10 l/s en San Fernando durante 10 a 20 años extrayendo desde 35 m (y recargando) sin dañar el recurso local.									

Documentación de respaldo (indique en que nº de anexo se encuentra)
Anexo 5 (Sustentabilidad del Recurso)

Nº O E	Nº RE	Resultado Esperado (RE)	Indicador de Resultados (IR)					Fecha alcance meta real	% de cumpli miento
			Nombre del indicador	Fórmul a de cálculo	Líne a base	Meta del indicador (situación final)	Fecha alcance meta programad a		
2	4	Diseño de sistemas de distribución de energía geotérmica en cultivos de melón y cerezos y análisis de la distribución de calor en los distintos sectores del sistema	Diseño (dibujo de las instalaciones con su layout y especificaciones de los equipos, materiales y condición de presión, flujo y temperatura)	Informe de diseño	0	2	Melones nov 2017 Cerezos dic 2018	Melones oct 2017 Cerezos dic 2018	100
Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.									
El 12 de octubre del 2017 se recibió un análisis preliminar hidrogeológico de parte de CEGA, si bien retrasado 3 meses al objeto de conocer el recurso disponible. En esta etapa se realiza el diseño (dibujo) de las instalaciones con su layout y especificaciones de los equipos, materiales y condición de presión, flujo y temperatura para los prototipos de control de heladas. Para ello se utilizó el programa Irripro para dimensionar (diámetros, largos) de las tuberías de distribución del agua que consideraba todo el flujo y lo distribuye en la superficie (con su topografía) para luego utilizar diferentes software, específicamente Hydrosystem y SVOOffice, a objeto de optimizar los diseños para el volumen de control y el tamaño de recurso disponible, y el flujo de calor hasta el cultivo requerido para control de heladas, usando propiedades térmicas del suelo, del agua y de la aislación y tuberías para calcular el cambio de temperatura del agua y el calor que librea y basado en esto se realizaron ajustes los diseños iniciales de acuerdo a los materiales disponibles en el mercado que nos permitiría realizar la selección de materiales a utilizar en campo.									
Documentación de respaldo (indique en que nº de anexo se encuentra)									
Anexo 6 (Especificaciones y Diseños)									

Nº O E	Nº RE	Resultado Esperado (RE)	Indicador de Resultados (IR)					Fecha alcance meta real	% de cumpli miento
			Nombre del indicador	Fórmul a de cálculo	Líne a base	Meta del indicador (situación final)	Fecha alcance meta program ada		
3	5	Instalar estacione s meteoroló gicas en los campos y ensamblar estacione s de sensores para monitorea r perfiles de temperatu ra bajo y sobre suelo en las zonas de los cultivos	Instalación de estaciones meteorológ ica funcionand o en los huertos.	Meses de datos climátic os para los sitios	0	32	Nov 2019	Dic 2019	100
			Instrument ación de monitoreo de microclima (suelo y aire) de los cultivos durante una helada en zonas (a) sin y (b) con control de heladas (con duplicación para ensayos)	Informe de microcli ma en zonas de las plantaci ones sin y con control de heladas	0	2	Melón junio 2018 Cerezo nov 2019	Melón junio 2018 Cerezo oct 2019	
Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.									
Clima: En Pichidegua (melones) se instaló una estación meteorológica propia (modelo Watchdog ET2600, Spectrum Technologies) en el campo del productor a unos 100 m distancia del ensayo y se construyó una jaula metálica por temas de seguridad frente a robos. La captura de datos (temperatura, humedad relativa, luz solar, viento, precipitación) se realizó a partir de mayo 2017 hasta marzo 2020. Los datos de temperatura fueron apoyados por datos del sensor de temperatura del sistema de control del prototipo instalado en campo del ensayo.									

En San Fernando - Agrícola Los Lingues obtuvimos datos de su estación meteorológica entre 01/5/2017 a 30/11/2017. El campo de cerezos en Agric. El Coigue no cuenta con estación propia en el predio, pero se usa una disponible cercana en La Marinana. Obtuvimos datos de para el periodo 01/05/2019 a 31/12/2019. Además, se contó con una estación microclimática tipo IoT (<https://www.cleverfarm.org/weatherstation>), que mide presión atmosférica, temperatura y humedad relativo del ambiente, y precipitación, que instalamos con la colaboración de la empresa Mintek en septiembre 2019 en el campo a 100 m noreste del ensayo. Así también se dispone de un sensor de registro de temperatura ambiente al lado de la caseta de riego a 150 m distancia oeste de la instalación del prototipo en cerezos donde está incorporado el sensor de temperatura que llevó el sistema de control de heladas y controlador.

Microclima:

Para monitoreo de microclima bajo túneles se estableció “estaciones” de sensores. Cada estación se incluyó un registrador de datos (Em50, Decagon) con conexiones por hasta cinco sensores de: humedad y temperatura de suelo (5TM, Decagon), humedad relativa, presión y temperatura de aire (VP-4, Decagon), temperatura de aire y superficies interiores (puede ser del túnel, suelo o follaje) (Apogee infrarrojo). Para el cultivo de cerezos se sumó sensores de temperatura y humedad relativo (modelo RC-4HC, Elitech) que se instaló a varias alturas al interior de árboles.

Cultivo de melón y sandía, temporada 2018: Para el cultivo de melones se estableció un sistema de sensores de humedad y temperatura tanto en las zonas externa a los túneles como interior; ver los detalles en el Anexo ** de las instalaciones de sensores y datos de microclima (T°, HR) del prototipo de control de heladas con un caudal de 1 l/s para 0.1 ha cultivo de melones bajo plástico. Dichos sistemas de sensores nos permitieron establecer que se logró aumentar la temperatura en los túneles por 2–3°C sobre la temperatura de un túnel sin circulación de calor geotérmica, suficiente para combatir una helada típica.

Cultivo de melón, temporada 2019: Para el cultivo de melones se midió las temperaturas y humedad de aire al interior de los túneles y humedad y temperatura de suelo desde el día de plantación el 8 de agosto hasta la remoción de los túneles el 23 de noviembre 2019. Los datos de interés para la evaluación de control de heladas en 0.12 ha con un caudal de 1.2 l/s permitieron establecer que se logró aumentar la temperatura en los túneles por 4°C sobre la temperatura de un túnel sin circulación de calor geotermia en comparación de los 2–3°C, suficiente para combatir una helada típica, de la temporada de ensayos anterior. Los túneles que instalamos en esta temporada fueron más bajos (menor volumen de control) que los de la temporada anterior (para una construcción similar de túneles) que puede explicar el aumento en la eficiencia del sistema.

Cerezos: En el campo de San Fernando, se monitoreo sensores de humedad relativo y temperatura al interior de cuatro árboles a dos alturas sobre la tierra (aprox. 1 m y 2 m de altura), desde 6/6/2019 hasta 22/12/2019 cuando se desinstalo los sensores y componentes superficiales del prototipo en cerezos, anticipando la entrada de trabajadores para cosechar el cuartel. No hubo lluvias durante el periodo de monitoreo. Para las pruebas iniciales de control de temperatura usando agua del pozo en el otoño de 2019 con un área de 0.5 ha y un caudal de 6.5 l/s, se instaló 2 estaciones con sensores de temperatura y humedad de suelo y con sensores de temperatura de aire y follaje, respectivamente. Además, se tomó imágenes térmicas de las diez hileras del ensayo. No fue posible detectar diferencias en los tratamientos sin y con control de heladas por geotermia en estas pruebas iniciales y se determinó que por vientos y gafaras no fue capaz de mantener el calor inyectado en la zona debajo de las cubiertas que se mantuvieron sobre las hileras de árboles. Se planifico ajustes al prototipo basado en los resultados del ensayo y de los modelos de flujo y calor del diseño para cerezos.

Documentación de respaldo (indique en que nº de anexo se encuentra)

Anexos 7 (Clima), 8, 10 y 11 (Instalaciones)
--

Nº O E	Nº RE	Resultado Esperado (RE)	Indicador de Resultados (IR)					Fecha alcance meta real	% de cumpli miento
			Nombre del indicador	Fórmula de cálculo	Línea base	Meta del indicado r (situació n final)	Fecha alcance meta progra mada		
3	6	Se conducirá pruebas relacionando caudal y temperatura de agua en tubería instalado en el suelo, y la distribución de temperatura bajo y sobre el suelo, en 2 a 3 tipos de suelo en condiciones controlados para ayudar en el diseño de los prototipos y validación de modelos	Informe de resultados de los experimentos y análisis de sus implicaciones para el dimensionamiento de sistemas en diferentes condiciones de suelo y capacidad de pozos	Informes finales de experimentos con análisis de resultados	0	2	Melón abril 2018 Cerezo junio 2019	Melón abril 2018 Cerezo junio 2019	100
Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.									

En la primera etapa se implementó a escala experimental en cámara de frío un sistema de distribución de calor por agua emulando un sistema geotérmico cerrado donde se realizan pruebas con diferentes caudales y temperaturas de agua. Así también en EE. UU. se implementó a escala experimental un cultivo de melón para optimizar la construcción y diseño aprovechando la contra estación y nieve en dicho país y zona. Los experimentos en EEUU y Chile a pequeña escala bajo condiciones controladas para el cultivo del melón dan cuenta que es posible distribuir calor (agua en tuberías) bajo los túneles y en el suelo para elevar la temperatura entre 2 a 9°C con aire circulando a -3°C y viento hasta 3 km/h; dependiendo en los materiales utilizado en el túnel y del recurso hídrico disponible (temperatura y caudal). También se usó estos experimentos a pequeña escala para validar un modelo de elementos finitos que se desarrolló para predecir el efecto de enterar tubería en el suelo bajo el cultivo. El modelo es capaz de predecir el efecto en suelos con distintos texturas y humedades.

También en el EE.UU. se hizo pruebas para evaluar unos conceptos de diseño de distribución de calor para cerezos. Se probó un concepto nuevo para la distribución de calor usando cortinas flexibles de plástico para complementar el uso de tubería, que requiere pruebas de concepto y diseño de una cortina verticales de plástico con canales internos para la conducción del agua a mayor temperatura extraída desde el pozo. Pruebas iniciales demostraron como se puede distribuir el calor a una superficie más grande considerando que los árboles frutales son altas, pero resulto difícil de fabricar las cortinas para distribuir el calor evitando fugas del agua y requiere equipo de fabricación industrial que no disponemos en el proyecto, para hacer cortinas a escala de prueba en terreno.

En el caso de los cerezos se realizan varios conceptos de diseños incluyendo distintas combinaciones de materiales para mejorar eficiencia de retener el calor, y ductos de textiles para distribuir aire tibio usando intercambiador de calor para calentar el aire por el agua de pozo, y el uso de ductos bajo el suelo (usando el calor del suelo) que pueden ser una opción de instalar para nuevo plantaciones antes de que se planta los árboles. Todos los diseños del uso de energía geotérmica de muy bajo entalpia para frutales, igual a los para hortalizas, dependen en tener estructuras (cortinas, setos, túneles) para bloquear el viento además de reducir el volumen de control. Por razones prácticas y del presupuesto disponible en el proyecto, solo se implementó el diseño usando tubería para circulación de agua al interior de los árboles a escala en terreno. Aun así, se presenta los distintos ideas y conceptos y las pruebas a pequeña escala en los Anexos.

Documentación de respaldo (indique en que nº de anexo se encuentra)

Anexos 8 (Chile) y 9 (EEUU) CONFIDENCIAL

Nº O E	Nº RE	Resultado Esperado (RE)	Indicador de Resultados (IR)					Fecha alcance meta real	% de cumpli miento
			Nombre del indicador	Fórmul a de cálculo	Líne a base	Meta del indicador (situación final)	Fecha alcance meta program ada		
3	7	Prototipos de control de heladas por geotermia en hortalizas y frutales	Prototipo funcionan do en terreno	Prototip o funcion ando en terreno	0	2	Melón julio 2018 Cerezos ago 2019	Melón julio 2018 Cerezos sep 2019	100
Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.									

En marzo 2018 el profesional Steve Miller, visito Chile para reuniones de trabajo asociado con la instalación del sistema de control de heladas en Pichidegua y con el diseño del sistema para cerezos. Era su segunda visita en el contexto del proyecto.

Instalación Sitio Pichidegua

La primera etapa de la instalación del sistema de control de heladas en el sitio de Pichidegua (melones) fue la perforación de los pozos de extracción y reinyección (Anexo 4). Del punto de vista teórico y según las evaluaciones realizadas se esperaba a lo menos 5 l/s lamentablemente se logró de forma estable no más de 1.3 l/s en julio del 2018. De acuerdo con ese se redujo el área del prototipo.

Durante los meses de julio 2018 se ejecutó varios experimentos, donde se monitoreo el clima usando la estación meteorológica instalada en el sitio, y el microclima bajo los túneles usando varios sensores de temperatura y humedad de aire y suelo. La unidad experimental se debió ajustar a la disponibilidad de caudal para lo cual se preparó un ensayo de 0.1 ha con 14 hileras, 2 m entre hileras, 35 m de largo, donde se estableció varios tratamientos (combinaciones de materiales) “con” y “sin” distribución de calor a través de tuberías, bajo los túneles para el control de heladas. Se hizo unas series de pruebas de funcionamiento del sistema de control y de los sensores y registradores de datos, si hizo ajustes al sistema de control para poder conducir estas pruebas. Una vez funcionando como se debe, se demostró que se puede levantar la temperatura bajo los túneles entre 1.5 a 3°C usando planzas de 16 mm en cada túnel para la distribución de calor. Basados en las pruebas iniciales se hizo modificaciones a las configuraciones de tubería, antes de plantar melón y sandía para las pruebas de funcionamiento del prototipo.

Cultivo de Melón:

Temporada 2018: La propagación inicial de 1000 plantines estuvo a cargo de SPS, pero las plantas se perdieron tras una severa helada. Posteriormente se contrató a M^a Puga con un pequeño vivero para un mejor control de temperatura ambiente aun cuando los plantines no lograron un desarrollo adecuado para llevarlos a terreno (solo 2 a 3 hojas verdaderas). La calidad de los plantines es debido a que la especie no está adaptada para crecer a baja temperatura y la calefacción no lograba cubrir sus requerimientos en vivero. De un total de 512 plantas propagadas donde Ma. Puga solo prosperaron 274 plantas, que se plantaron en agosto y 20 días más tarde se plantaron sandias especie también sensible a las heladas.

El ensayo consistió en 0.1 ha con 14 hileras (10 sin circulación de agua), 2 m entre hileras, 35 m de largo, donde se estableció varios tratamientos (combinaciones de materiales) “con” y “sin” distribución de calor bajo los túneles para el control de heladas. Las plantas de melón se establecieron exitosamente, alguna perdida de planta que ocurrió fue por insectos o mala calidad inicial, pero no por heladas o baja temperatura. Los experimentos fueron exitosos en que se logró sobrevivir y crecer plantas muy juveniles de melón 20 días antes de la fecha temprana de plantación de melones en la zona y llevarlos a la cosecha. En la última semana de agosto se completó la superficie con injertos de sandía sin detener el experimento.

Los datos de las estaciones micro climáticas demuestran que se pudo subir la temperatura bajo túneles entre 2 a 3 grados comparado con el método actual que utilizan los productores, quienes además no se atreven a plantar tan temprano como lo hicimos, por el riesgo climático.

El análisis de datos de la cosecha demostró un fuerte efecto valioso del control de heladas con geotermia lo que se tradujo en una mayor población de plantas que sobreviven a las heladas. Para efecto de los cálculos de producción se asumió que se cuenta con la misma población de plantas en los diferentes tratamientos dando como resultado que para todos aquellos tratados con geotermia la cosecha de 3.1 a 3.6 veces más en cantidad de melones en comparación del control y 5 a 6 veces más en kilos totales. En cuanto al calibre los melones del control fueron de un peso promedio mayor que la de los tratados con geotermia, esto se atribuye a la baja carga de las plantas que lograron llegar a cosecha sin geotermia y el manejo agronómico no lo considero.

Importante hay que destacar que esta temporada 2018/2019 se caracterizó por fuertes heladas invernales dificultando el desarrollo incluso de los plantines en invernadero, por lo cual después de varios intentos con personal especializado se logró llevar a terreno plantines de tan solo 2 a 3 hojas, una etapa fenológica de 3 semanas más temprano que lo habitualmente usado para plantar y llegaron a cosecha.

Se cosecho los melones y sandias en 3 pasadas en diciembre 2018. Se registro el conteo de frutas y sus pesos individuales por cada hilera del ensayo. El análisis de datos de la cosecha demostró un fuerte efecto del control de heladas con geotermia lo que se tradujo en una mayor población de plantas que sobreviven a las heladas. Para efecto de los cálculos de producción se asumió que se cuenta con la misma población de plantas en los diferentes tratamientos dando como resultado que para todos aquellos tratados con geotermia la cosecha de 3.1 a 3.6 veces más en cantidad de melones en comparación del control y 5 a 6 veces más kilos totales. En cuanto al calibre los melones del control fueron de un peso promedio mayor que la de los tratados con geotermia, esto se atribuye a la carga que lograron llevar al final de cosecha las plantas bajo geotermia y el manejo agronómico no lo considero.

Los datos de los sensores además demostraron varias necesidades para mejorar y perfeccionar el sistema de control de heladas con túneles y su monitoreo, considerando desafíos de: a) trabajar en terreno de productores, donde no tenemos control absoluto de la instalación, b) considerando la variabilidad en calidad de construcción (impermeabilidad) de túneles construido manualmente.

Temporada 2019: Se reinstaló el sistema de control de heladas por geotermia en el predio de don José Carreño, con un caudal de pozo de 1.2 l/s y una temperatura de agua saliendo 18.6°C. Se programó el controlador para encender el sistema en una manera automática cuando la temperatura ambiental bajo a 4.5°C o menos. El día 18 de julio se construyó 15 camellones en 0.12 ha (15 hileras). No fue posible establecer un área más grande por la humedad de suelo que fue demasiado alta todavía para el ingreso de maquinaria. Los detalles de la instalación se encuentran en el Anexo 10. El 9-10 agosto se plantó melón bajo túneles de construcción típico de productores de la zona, un mes anticipado a los productores locales, quienes plantaron la primera semana de septiembre esta temporada. Se instaló estaciones de microclima para monitorear HR y T° aire bajo túneles, y temperatura y humedad de suelo en hileras por tratamiento “control” (C, sin control de heladas por geotermia) y “geochilly” (G) con control de heladas por geotermia. También se instalaron sensores de T° de agua para monitorear la temperatura entrando y saliendo del sistema, es decir para poder calcular la pérdida de temperatura (y energía térmica) a través de sistema. Hubo 3 heladas entre -1 y -1.6°C durante los 10 días después de la plantación y otras 3 heladas de -1°C durante el mes de septiembre 2019.

Los tratamientos en melón con geotermia aumentaron la temperatura en túneles en 4°C sobre la temperatura en túneles sin regulación de temperatura durante los periodos de baja temperatura de 0°C a -1.5°C, con duraciones de 3 horas, con pérdidas en el agua circulando de hasta 2°C. Proyectando estos resultados, la temperatura y caudal disponibles son adecuadas para proteger 0.5 ha de cultivo durante una helada típica de -2°C durante 6 horas, o contra una helada más fría durante un periodo más corto. Además, se ocupó el sistema para disminuir la temperatura en 5°C en túneles en los días calurosos, cabe recordar que el crecimiento y polinización del melón se ve afectado por las altas temperaturas.

Se logro cosechar un cultivo plantado un mes antes de la fecha típica de la zona. Se condujo estimaciones de cosecha usando el sistema Pronofrut (www.pronofrut.com) en dos fechas tempranas para obtener un proyección preciso de la cosecha (el año anterior, hubo personas que sacaron frutas maduras del campo sin permiso antes de entramos a cosechar). El cultivo estuvo listo para ser cosechado la tercera semana de noviembre.

Sitio El Coigue – Cerezos:

Se realizo varias visitas y reuniones con el propietario del campo de cerezos donde se implementará el segundo prototipo. Cuentan con un pozo con alta capacidad de caudal de 30 l/s, que ocupan para riego. Se revisó las instalaciones para proponer a los dueños cómo podemos compartir el agua de su pozo al prototipo sin alterar su uso para riego e implementar un sistema de control automático de la bomba. Otro desafío es que por un tema de recursos no se puede contar con un pozo de reinyección para evitar realizar descargas al suelo del agua, por lo cual, con aprobación de FIA, se limitó la escala de prototipo a 0.5 ha para evitar la descarga del recurso agua fuera del acuífero.

Diseño cerezos

Se planteó un diseño de sistema control de heladas en cerezos usando el agua del pozo para calentar aire y distribuirlo en las hileras. Este sistema sigue pareciendo una alternativa

interesante, sin embargo, el elevado costo de ensamblar un prototipo nos imposibilita realizar pruebas en terreno.

Instalación cerezos

Se instaló sistema de control de heladas en agrícola El Coigue, San Fernando, en una superficie de 0.5 ha (10 hileras de 110 m), integrando el sistema de distribución a la matriz de riego del campo, que usa una bomba en el pozo para llevar agua a una piscina de aprox. 48 m³ a lado de la casa de riego, y una segunda bomba que bombea agua desde la piscina a la matriz de riego.

Se instaló ocho de las hileras con mangas plásticas transportadoras de agua proveniente de pozo a una temperatura de 15.5°C aproximadamente a una altura de 1 m sobre la tierra y circulan alrededor de toda la hilera. Dos de estas hileras con además tubos de plansa enterradas en el suelo de los camellones. Y las dos hileras restantes tratado como “control”, sin circulación de calor geotérmica. Todas las hileras constan de techo de cobertura de cerezos contra lluvia (práctica del propio productor). El sector del ensayo tiene hileras con árboles al oeste y este y un seto de árboles a 3 m al sur del fondo de las hileras, que en este momento esperamos serán suficiente para servir como barrera contra el viento.

Descripción detallada de las instalaciones del prototipo se presenta en el Anexo 11. Sin embargo, hay que señalar que (1) según los resultados de pruebas que se completó, se requiere más ajustes al sistema, y (2) no se pudo operar el sistema en una manera automática (por el controlador por temperatura) porque la piscina de riego tiene una fuga importante. Está bajo reparación por el personal del campo y se completó en febrero de 2020. Por eso, todas las pruebas que se realizaron durante esta temporada fueron activadas manualmente. En total, se corrió 6 noches de pruebas del sistema durante el mes de septiembre 2019.

Según conversaciones con el dueño y el administrador del campo el sistema de control automático fue ensamblado y programado para apagar el sistema de riego cuando se opera durante las heladas, no debe tener conflicto porque se riega durante el día mientras las heladas normalmente ocurren durante la noche. Pero, por razón de la sequía de 2019, se regó durante todos los días y las noches durante septiembre 2019 cuando hicimos los ensayos (y continuaron después) y era necesario correr las pruebas mientras riegan, otra razón para no poder operar en una manera automática (como se señaló), nuestro sistema de control cierra el sistema de riego del campo.

El agua se obtuvo adhiriendo una salida desde la matriz de riego del sector 1 de del campo. Se instalaron sensores de temperatura y humedad de suelo en tres hileras, sensores de T y HR de aire en dos alturas (1.5 m y 2.5 m sobre la tierra) en cuatro hileras y medición de temperatura de agua entrando y saliendo del sistema. El sistema fue probado en seis ocasiones (operando 6 a 8 horas durante la noche) realizando ajustes cada vez, por ejemplo, instalando cortinas de malla ráchele para disminuir el viento que entra no solo desde los bordes del sector pero desde arriba, entre las cubiertas de las hileras. Análisis de resultados de pruebas hechas en primavera en cerezos indican que tenemos de hacer más ajustes al sistema, para aumentar la cantidad de calor del agua que se irradia en los árboles y es crucial lograr disminuye el viento que llega a los árboles. El agua circulando con caudal de 6.5 l/s entrando al sistema (promedio de 0.8 l/s por hilera) que solo se liberó calor equivalente a 2-4 °C de la temperatura del agua y por lo tanto tiene más capacidad.

Se considero varios posibles técnicas para ayudar retener el calor adentro de los árboles, incluyendo entre otras extendiendo los techos para cubrir las entre hileras y usando plástico térmico, pero por razones de presupuesto / alto costo los cambios que propusimos eran instalar cortinas de plástico de grosor 150-200 um hasta 4 m de altura para disminuir mejor el viento llegando a la instalación y circular el agua dos veces (dos lazos en lugar de uno) que es el diseño que se consideró durante el modelamiento (pero quisimos probarlos para validar el modelo antes de invertir más materiales para circular el agua adentro los árboles).

Desinstalamos los componentes superficiales (manga y sensores) en noviembre 2019 para proteger el sistema durante la cosecha. Había que reinstalarlos en la próxima etapa con las modificaciones que se generen a partir de las observaciones y análisis de resultados. Preocupa si la situación de la sequía en la región de O'Higgins, dependiendo de la disponibilidad de agua es posible que se requiera hacer cambios al sistema de control para poder operar en una manera automática sin cortar el sistema de riego del campo, algo que de acuerdo con nuestros cálculos requerirá hacer cambios significativos en las conexiones eléctricos además de algunos cambios al software de control, con un costo adicional no esperado.

Durante el periodo de fin de marzo a mayo 2020, los profesionales del proyecto trabajaron desde la casa, haciendo cuarentena voluntaria por la situación desorillando en el país con coronavirus. Se desarrollo el diseño para montar cortinas contra viento. Consideramos un sistema automático, pero por las distancias involucradas (110 m x 50 m) se requiere instalaciones metálicas con varios motores grandes para soportar y mover pesos importante y ajustes al sistema de control automática. En esta etapa final optamos por un diseño que ocupa polines de madera y requiere operación manual. Cotizamos los materiales y obra de mano para implementar los cambios a la instalación.

En mayo 2020 después de conversaciones con FIA y los profesionales del proyecto decidimos cerrar el proyecto sin terminar los ajustes y pruebas finales con cerezos. Desmontaje componentes prototipo cerezos en julio 2020 y retiro final en Pichidegua.

Documentación de respaldo (indique en que nº de anexo se encuentra)
Anexo 10 (melones), Anexo 11 (cerezos) CONFIDENCIAL Anexo 12 (manual controlador / registrador)

Nº O E	Nº RE	Resultado Esperado (RE)	Indicador de Resultados (IR)						% de cumpli miento
			Nombre del indicador	Fórmul a de cálculo	Líne a base	Meta del indicador (situación final)	Fecha alcance meta programad a	Fecha alcance meta real	
4	8	Análisis del rendimient o y costos de operación de los prototipos	Informe técnico- económico o de los prototipos	Informe final	0	2	Melones marzo 2020	Marzo 2020	100
							Cerezos oct 2020	NA	50
Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.									
Se realizó el análisis técnico y económico para el cultivo del melón, para lo cual a partir de los resultados obtenidos en el ensayo se proyectó a de 1 ha de melón sobre la base de un peso promedio de 1.05 kg / fruto y 28 700 unidades de melón, equivalente a 30 100 kg/ha. Para definir el precio se consideró el precio neto ponderado de un periodo de 5 años en los meses de noviembre comparado con el mes de diciembre obtenidos de ODEPA c, ello debido a que el uso de la geotermia permite obtener cosecha en el mes de noviembre, a diferencia que sin geotermia la cosecha se retrasa al mes de diciembre. Si bien en el ensayo se obtuvo la distribución de calidades o tamaños, visto la escasez de precios para algunas calidades en el mes de noviembre, esto atribuible a la menor oferta, se optó por utilizar los precios promedio ponderados de una serie de 5 años. Se considero para el ensayo con geotermia una inversión de \$ 2 018 644 (disponemos de cálculos que a mayor escala podríamos llegar a \$1 500 000) por concepto de sistema geotérmico para 1 ha de melón al cual se estima una vida útil de 5 años, así también y aun cuando no se considera en los cultivo anuales se incluyó como inversión aquellos materiales que se utilizan en la plantación y tienen una vida útil de más de 1 años tal es el caso de manto térmico 2 años, bins 5 años y plástico del túnel 2 años. El costo total de la plantación se estableció en \$11 729 670 /ha para lo cual se valorizo las labores del recurso humano al costo de la zona \$25000/JH, maquinaria el costo del productor excepto la máquina para poner el plástico que se valorizo al valor arriendo y los costos de insumos a valor de mercado, todo ello determina un costo unitario Al realizar un flujo considerando que existen inversiones, es posible obtener un TIR de 443% y una VAN de \$ 26 317. Este resultado se comparó con el precio de Diciembre sin control de heladas, utilizando el precio también ponderado / kilo del periodo 2015 al 2019 por unidad que alcanza a \$400/ unidad; se fijó la cosecha en la misma cantidad antes indicada de 30 100 kilos (ODEPA sitúa una cosecha alta en 30 800 kilos / ha para melón tuna bajo túnel), valor que se usó de rendimiento para comparar con el uso de geotermia, obteniéndose un resultado de un ingreso total / ha de \$21 010 847 y un margen neto de \$ 10 730 098. Al realizar los flujos en diciembre se obtiene una TIR 98 y un VAN de 2 291.									

Tanto el análisis directo de ingresos v/ s costo como el análisis de los indicadores financieros dan cuenta que es más rentable cultivar con geotermia para obtener cosecha temprana y acceder a un mejor precio de mercado. Anexo 13.

Las pruebas realizadas en **cerezos** eran útiles para identificar ajustes necesarios de método de control, pero insuficientes para un análisis técnico económico.

Documentación de respaldo (indique en que nº de anexo se encuentra)

Anexo 13 documento (Resumen análisis económico)
y Anexo 13 archivo Excel con cálculos detallados **CONFIDENCIAL**

Nº O E	Nº RE	Resultado Esperado (RE)	Indicador de Resultados (IR)					Fecha alcance meta programad a	Fecha alcance meta real	% de cumpli miento
			Nombre del indicador	Fórmul a de cálculo	Líne a base	Meta del indicador (situación final)				
5	9	Informe Final y Difusión	Publicació n en una revista Web y papel de difusión nacional e internacio nal	Nr. publica ciones	0	2	Oct 2019	Julio 2020	100	

Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.

Se publico publrreportajes sobre el proyecto y los resultados en melón en la revista **Redagícola** (edición 112, Julio 2020), en la **Revista Coagra** <https://coagra.cl/noticias/> y www.coagra.cl/geco-melones/, y en el diario **El Rancagüino** el jueves 8 de julio. Además, El Rancagüino publicó el reportaje sin costo adicional en 2 páginas de la edición de domingo 11 de julio 2020 www.elrancaguino.cl. La Revista Coagra y el diario El Rancagüino solo tenían ediciones digitales por la situación de COVID-19 y Ante la difusión, el diario El Mercurio el periodista Luis Nuñez se contactó y público en el Newsletter del Revista de Campo los resultados como una noticia por tanto de forma gratuita.

Documentación de respaldo (indique en que nº de anexo se encuentra)

Anexo 14 (Publicaciones)

Nº O E	Nº RE	Resultado Esperado (RE)	Indicador de Resultados (IR)					Fecha alcance meta real	% de cumpli miento
			Nombre del indicador	Fórmul a de cálculo	Líne a base	Meta del indicador (situación final)	Fecha alcance meta program ada		
5	10	Difusión	Visitas con productores de hortalizas y de frutales a las instalaciones en terreno	Nr. participantes antes del terreno	0	40	Melón ago 2019 Cerezos sep 2020	Melón nov 2019 Cerezos NA	50%
Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.									
Se realizó un día de campo que incluyó visitas por el grupo de productores al prototipo de melón en campo el 7 de noviembre 2019. Posterior a ello se realizó un desayuno y Charla técnica en el Copacabana restaurante de la zona donde se dio a conocer el proyecto y sus fundamentos técnicos, oportunidades del uso de la geotermia además de invitarse a una empresa para que mostrara su nuevo producto contra el control de mosquitos blancos un problema de plaga de la zona. Participaron 33 personas externas entre productores y profesionales. Esta actividad se programó para octubre y debió ser postergada por el tema de las demandas sociales por lo cual resultó difícil la organización.									
Documentación de respaldo (indique en que nº de anexo se encuentra)									
Anexo 15 (Día de Campo Melón)									

Nº OE	Nº RE	Resultado Esperado (RE)	Indicador de Resultados (IR)						% de avance a la fecha
			Nombre del indicador	Fórmula de cálculo	Línea base	Meta del indicador (situación final)	Fecha alcance meta programada	Fecha alcance meta real	
5	11	Difusión	Charlas a Grupos de transferencia tecnológica en 2 PDTs y 2 GDTs	Nr. participantes día terreno	0	40	Melón ago 2019 Cerezos jun 2020	Nov 2019 NA	50%
Descripción y justificación del avance de los resultados esperados a la fecha.									
Dra Dvora Laio Wulfsohn presento una charla “Experiencia práctica en la implementación de sistemas de geotermia de baja entalpía en la Región” en el seminario “Geotermia, la energía renovable del futuro, una oportunidad para el desarrollo regional” llevado por la Unidad de Vigilancia Tecnológica (Piensa O’Higgins) en el campus Rancagua de la Universidad de O’Higgins el 6 de diciembre 2017. Esta presentación no fue programada en el proyecto, pero dio una oportunidad a difundir parte de los resultados y experiencias del estudio anterior (FIC-FIA EST-2015-0308) así como del actual proyecto. El Tipógrafo 22 de diciembre (eltipografo.cl/2017/12/se-realizo-el-seminario-geotermia-la-energia-renovable-del-futuro-una-oportunidad-para-el-desarrollo-regional). La programa e invitación, lista de asistencia, y Presentación PPT se presenta en el Anexo 20. (Gastón Leiva Vidal de la Unidad de Vigilancia acepto la invitación e asistió al día de campo en noviembre 2019.) Se conduco un día de campo con charlas y visitas por productores al prototipo de melón el 7 de noviembre 2019. Unos 35 productores participaron en el evento. La invitación, el programa, copias de las presentaciones charlas, fotos del evento, y lista de asistencia se encuentra en los Anexo 19.									
Documentación de respaldo (indique en que nº de anexo se encuentra)									
Anexo 15 (Día del campo, Melón) y 16 (Seminario Geotermia)									

6.2 Análisis de brecha.

Cuando corresponda, justificar las discrepancias entre los resultados programados y los obtenidos.

Lamentablemente el Covid-19 ante la incertidumbre y riesgos con las personas del equipo y otros se dejó inconclusa la implementación del diseño mejorado para cerezos. No pudiese completar los resultados relacionados con: Prototipos de control de heladas para frutales, Análisis del rendimiento y costos de operación de los prototipos y por ende la difusión de esta.

Como equipo estamos seguros que con el avance logrado y los estudios realizados se puede lograr resultados muy promisorios para cerezos, que esperamos abordar en un futuro próximo ante la importancia que tiene.

7. CAMBIOS Y/O PROBLEMAS DEL PROYECTO

Especificar los cambios y/o problemas enfrentados durante el desarrollo del proyecto. Se debe considerar aspectos como: conformación del equipo técnico, problemas metodológicos, adaptaciones y/o modificaciones de actividades, cambios de resultados, gestión y administrativos.

Describir cambios y/o problemas	Consecuencias (positivas o negativas), para el cumplimiento del objetivo general y/o específicos	Ajustes realizados al proyecto para abordar los cambios y/o problemas
U. Chile CEGA se retrasa en la puesta en marcha de los estudios comprometidos disponibilidad de RRHH y equipamiento. Se recibe un informe preliminar de CEGA que llegó el 12 de octubre 2017 a la espera de otros resultados. Le faltó información para hacer recomendaciones del tamaño del recurso geotérmico.	Nos retrasó en 3 meses en las etapas de modelamiento y el diseño de distribución de energía geotérmica	Se realiza reunión CEGA, FIA, GECO Se compromete información adicional que llegó en marzo 2018. El equipo opta por trabajar con el informe preliminar y se espera la información adicional e CEGA para avanzar en los diseños, análisis de sustentabilidad y así no retrasar la perforación en campo. Visto que la superficie considerada es solo 1 ha, podemos con la información disponible de los sitios en el caso particular de Pichidegua se puede decidir dónde poner los pozos y extrapolar en la extracción con los caudales vecinos, pero no en la sustentabilidad.
CEGA nos informó que no tienen la licencia del software FEFlow para desarrollar los modelos de sustentabilidad del recurso.	Retrasa 4 meses en empezar la etapa de modelamiento y sustentabilidad objetivo #1	El Dr Bill Glassley condujo el modelamiento usando softwares alternativos: FEHM para modelar el régimen de flujo y calor subterráneo juntos con RAREEDGE para el análisis de riesgos. Entregó su informe de sustentabilidad del recurso al fin de marzo 2018 como programado. Debido la demora de empezar el modelamiento y la necesidad de obtener un análisis de sustentabilidad, se condujo las simulaciones con cientos de realizaciones en lugar de miles de realizaciones.

No se priorizo la compra de estación Meteorológica para San Fernando, se instaló la existente en Pichidegua.	No retrasa.	Conseguimos datos de vecinos de los campos en San Fernando que poseen estaciones meteorológicas. Además, se programó la estación meteorológica que tiene Agrícola Los Lingues a transmitir y guardar los datos de su estación durante 2017. Se instaló una estación tipo IoT en el campo El Coigue en octubre 2019.
Las pruebas de bombeo de los pozos perforados en el campo de Pichidegua no llevaron el caudal esperado de 5 l/s, solo se logró 0.8 l/s. Tuvimos que hacer una segunda perforación de más diámetro con equipo de percusión para llegar a mayor profundidad (después de la aprobación de FIA) que logró 1.2 l/s a una profundidad de 40 m, caudal que estimas en esta etapa del proyecto insuficiente para el control de heladas en 1 ha.	Más alto costo en la instalación del prototipo en Pichidegua, se necesitó una reitemización con aprobación de FIA. Retraso de 3 meses. Reducción del tamaño del prototipo según el recurso hídrico disponible, sea 1.2 l/s en lugar de los 5 l/s esperados basados en los datos disponibles para la zona según el informe de geofísica de CEGA.	Se deja el primer pozo perforado como pozo de reinyección y el segundo más grande como pozo de extracción, aunque no será la configuración óptima, pero sí útil al objetivo. Implementación del prototipo para melón en un área de 35 m x 35 m en lugar de 100 m x 100 m. Suficiente para probar el funcionamiento del sistema y completar un análisis técnico-operacional. Planeamos de subir el área del prototipo en 2019, si no en el sitio actual, en un sitio cercano con una bomba que lleva un caudal mayor (2 l/s). En consulta con FIA considerando las implicaciones para el proyecto e impactos medioambientales (requisito por devolución del agua al acuífero). Se obtuvo permiso de una productora, pero lamentablemente tuvo que vender su predio por razones personales y regresamos al sitio original pensando doblar el área de ensayo. La máquina no fue capaz de pasar por las zonas más húmedas del campo (después de las lluvias de julio 2019) y se logró aumentar el área de ensayo por 20% en lugar del 100% planificado.
Instalador eléctrico autorizado que se contrató con la recomendación del productor de melones que fue necesario	Retraso en la instalación del prototipo en melones por varios. La regulación de la luz con la compañía de electricidad que también demoró por atrasados del maestro instalador inicial.	Se estableció el prototipo en melones en el mes de julio 2018 más tarde que esperaba y las pruebas con el cultivo de melón solo después de implementar ajustes al sistema de control (ensamblado por Veto) basado en errores de operación de la bomba

reemplazarlo ya que no logro terminar las instalaciones, para instalar los postes y sistemas electrónicos dentro de días.		detectado durante las pruebas iniciales con el prototipo ensamblado.
En 2018 se realizó propagación de plantas de melón en invernadero, fuera de las temporadas de propagación de melón por la empresa de semillas SPS, se mueren las plantas por heladas en dos ocasiones. Se contrató una tercera propagación con M ^a Puga de melón y recibimos plantas muy juveniles para trasplantar normalmente en el mes de agosto, debido a las bajas temperaturas que impidieron el desarrollo adecuado.	Retraso adicional en la etapa de pruebas del prototipo con una plantación de melón hasta el segundo parte del mes de agosto 2018. Lo positivo que al usar plantas muy juveniles con tan solo dos hojitas y plantadas 20 días antes del periodo normal se aumenta el riesgo de muerte por baja temperatura (periodo normal la plantita tiene por lo general con 3 a 4 hojas). Con el prototipo de control de heladas con geotermia las plantas logran desarrollarse y se otros injertos (4 hojas) de sandía 1 semana después también anticipadas a la fecha tradicional de cultivo en 10 días y también sobreviran.	Obtuvimos resultados muy buenos en las pruebas del año 2018 se logró establecer del sistema en terreno en los meses de julio a septiembre. Construcción de un invernadero pequeño de 2 x 4 m y germinación propia de 1000 semillas de melón para preparar plantas de respaldo para el ensayo de 2019. Además, logramos encontrar vivero un con calefacción que tuvo posibilidad de preparar 1500 plantas de melón para el ensayo de 2019.
Piscina de riego con fuga.	No fue posible operar el prototipo en cerezos de manera automático en los ensayos de 2019 porque tenía que llenar la piscina de acumulación de agua primero antes de operar la bomba de riego.	Se debió que conducir los ensayos (2019) de manera: Ir al campo en noches cuando hubo un pronóstico de temperaturas bajas, para encender el sistema manualmente, y en la mañana para apagarlo. Las reparaciones de la piscina fueron hechos por la gente del campo. Terminaron las reparaciones en febrero del 2020.

Productor regando día y noche durante septiembre 2019, por la sequía.	Según lo determinado con el productor y administrador de campo, el sistema en cerezos fue programado de encender el sistema con temperaturas bajas, y apagar completamente el sistema de control de riego del campo, pensando en que normalmente riegan solo durante el día (según el administrador y dueño de campo), y las heladas caen durante la noche.	Operación manual del sistema durante el mes de septiembre. Turnos por el equipo de trabajo en ir al campo a media noche y en la mañana para apagar la operación del prototipo. Se debe revisar ajustes en el sistema de control automático del prototipo, para poder operar mientras riegan.
Daño a sensores por trabajadores y robo de un sensor en el campo de cerezos.	Hay que repararlos.	Se comunica al administrador del campo para reducir riesgo que vuelva a ocurrir. Con el equipo técnico del proyecto se reparó algunos cables dañados. Otros se enviaron al distribuidor en Santiago (Morph2o) en abril 2020 para revisión y reparación. Hasta la fecha están con el distribuidor que no pudo revisarlos todavía por la cuarentena y la cierre de su laboratorio en Santiago.
Estallido social octubre 2020	Impide realizar actividades de difusión a productores en fechas programadas	Se posterga a noviembre 2019
Aparición del Coronavirus	No se puede trabajar en terreno, los proveedores cierran sus tiendas generando dificultad para conseguir cotizaciones y en particular materiales para pruebas del prototipo a instalar en cerezos. Señal de internet en zonas rurales de mala calidad. Demora y hasta la imposibilidad de obtención de bases de datos desde fuentes confiables, caso precios melón.	Equipo del proyecto en cuarentena Trabajo desde casa vía internet en la medida de lo posible Se aborda el problema con nuestro ejecutivo, para una posterior evaluación del equipo, que finalmente por temas de incertidumbre y riesgos de salud se decide suspender el proyecto; se programa el retiro de los materiales desde terreno en Pichidegua y San Fernando ; sin completar las últimas ajustes y pruebas en cerezos.

8. ACTIVIDADES REALIZADAS EN EL PERÍODO

8.1 Actividades programadas en el plan operativo y realizadas durante el período de ejecución para la obtención de los objetivos.

- Mediciones de propiedades de suelo superficial, perfiles de temperatura con profundidad en 10 pozos alrededores (de APRs y de productores, durante 15 meses), y caracterización de la geofísica de dos sitios designados para instalaciones de prototipos de control de heladas con geotermia, 1) San Fernando para frutales, 2) Pichidegua para melones y sandía.
- Mediciones del clima en los sitios designados para los prototipos durante 36 meses.
- Modelación del recurso geotérmica en la zona y los sitios de interés para predecir la disponibilidad y sustentabilidad del recurso.
- Experimentos a pequeña escala en Chile (frigorífico) y EEUU (aire libre) que aprovechan la contra temporada en los dos países, para probar conceptos de diseño y para validar modelos.
- Desarrollo de modelos de configuración y flujo y calor en tubería y en el suelo para ayudar en el dimensionamiento de los prototipos en melón y cerezos y en diseños para escalas grandes y dependiente en el tamaño del recurso.
- Perforación de pozos de extracción e inyección en el sitio de Pichidegua.
- Instalación de prototipos de control de heladas automático en Pichidegua y en San Fernando. Cada diseño tiene componentes comunes y modificaciones necesarios para integrarlos con el sistema de producción y riego de los productores.
- Instalación de instrumentación para cuantificar el rendimiento y eficiencia de los prototipos: microclima de suelo y aire (T y HR), temperatura de superficies de túneles temperatura de Tº agua entrando y saliendo de los sistemas.
- Pruebas de control de heladas con energía geotérmica automatizado, sin uso de bombas de calor y con recarga al acuífero, con cultivos de melón en dos temporadas logrando plantar y cosechar frutas 3 a 4 semanas antes de lo típico por la zona.
- Pruebas del sistema en cerezos en la primavera de 2019.
- Analices técnicos de los prototipos en melón y (preliminar) en cerezos. Comparación con los modelos y validación.
- Análisis económico del prototipo en melones.
- Diseño de instalación cortaviento para el ensayo de cerezas y cotizaciones de materiales y mano de obra para hacer instalaciones para los ensayos de la segunda temporada en 2020.
- Día de campo para productores con charlas y visita a la instalación en melones.
- Difusión en publrreportajes dirigidos a la industria y productores agrícolas

8.2 Actividades programadas y no realizadas durante el período de ejecución para la obtención de los objetivos.

Realizar los ajustes y modificaciones al primer prototipo de control de heladas de cerezos para realizar evaluaciones de funcionamiento en campo y como consecuencia no se realizó un análisis económico para cerezos ni la difusión asociado a este tema.

8.3 Analizar las brechas entre las actividades programadas y realizadas durante el período de ejecución del proyecto.

En el caso de frutales (cerezos) durante la ejecución del proyecto logramos disponer de un prototipo en terreno para evaluar el efecto de la geotermia sobre el control de heladas, donde el resultado inicial estuvo condicionado por los vientos predominantes determinando la necesidad de realizar cambios y ajustes al diseño que se programaron, sin embargo, lo que no se pudo hacer debido a la pandemia fue implementar estos cambios, evaluarlos y a partir de ello hacer evaluaciones económicas.

9. POTENCIAL IMPACTO

9.1 Resultados intermedios y finales del proyecto.

Descripción y cuantificación de los resultados obtenidos al final del proyecto, y estimación de lograr otros en el futuro, comparación con los esperados, y razones que explican las discrepancias; ventas y/o anuales (\$), nivel de empleo anual (JH), número de productores o unidades de negocio que pueden haberse replicado y generación de nuevas ventas y/o servicios; nuevos empleos generados por efecto del proyecto, nuevas capacidades o competencias científicas, técnicas y profesionales generadas.

Al termino anticipado del proyecto disponemos de un prototipo de control de heladas para melones que permite el control de temperatura del ambiente cercano con el uso de geotermia de baja entalpia y como consecuencia poder adelantar el periodo de cultivo de los primores de la zona, llevándolos a poder obtener cosechas en noviembre, fecha en que la oferta es escasa, proviene del Perú o norte de Chile y el precio es elevado, beneficiando al agricultor de la zona, elevando sus ingresos netos estimados en \$8.4 MM a \$13.9 MM y como efecto secundario el manejo de altas temperaturas que reducen la calidad del polen en primaveras cálidas mejorando la polinización.

Este tipo de tecnologías requiere de profesionales del area de la electrónica, mecánica, agronomía o hidráulica y geología, así como trabajadores para su implementación generándose espacio a nuevas plazas de trabajo estimadas en cada 50 ha de cultivo 3 profesionales y 4 operadores, que hoy no se usan porque la tecnología no está en Chile.

10. CAMBIOS EN EL ENTORNO

Indique si existieron cambios en el entorno que afectaron la ejecución del proyecto en los ámbitos tecnológico, de mercado, normativo y otros, y las medidas tomadas para enfrentar cada uno de ellos.

Los principales cambios están dados por

Variaciones al alza del dólar, que fue acentuada por el estallido social lamentablemente la economía de Chile se ve afectada de forma importante por el precio del dólar afectando precios de la tecnología, insumos y materiales tanto fabricados en Chile como de importación, que en el caso particular de este proyecto son de uso frecuente.

Estallido social, dejo en suspenso por mas de 3 meses al sector hortofrutícola nacional ante el temor a movilizarse. Suspensión de actividades de difusión y visitas de campo con los productores, se resuelve con la difusión escrita.

Covid-19, la incertidumbre y el miedo de contraer la enfermedad determinaron la decisión de parte del equipo de no continuar el proyecto, particularmente debido a que las actividades son al aire libre, con frio de invierno y la poca certeza de como va a evolucionar la enfermedad.

11. DIFUSIÓN

Describe las actividades de difusión realizadas durante la ejecución del proyecto. Considere como anexos el material de difusión preparado y/o distribuido, las charlas, presentaciones y otras actividades similares.

	Fecha	Lugar	Tipo de Actividad	Nº participantes	Documentación Generada
1	6/12/2017	Campo UOH, Rancagua	Presentación Invitado en un Seminario	80	Presentación PowerPoint, Lista de asistencia, reportaje en el Tipógrafo (Anexo 16),
2	9/11/2019	Pichidegua	Visitas a terreno (prototipo melón) y charlas para agricultores	35	Invitación, 2 Presentaciones PowerPoint, Fotos del evento, Lista de asistencia (Anexo 15)
3	Julio 2020	Redagícola (edición 112)	Publicación digital y en papel	NA	Publicación de Noticia (Anexo 14)
4	Julio 2020	Revista Coagra https://coagra.cl/noticias/ y www.coagra.cl/gecomelones/ ,	Publicación digital	NA	Publirreportaje y noticias (Anexo 14)
5	8/7/2020	El Rancagüino	Publicación digital	NA	Publirreportaje (Anexo 14)
6	11/7/2020	www.elrancagüino.cl .	Publicación digital	NA	Publirreportaje edición domingo (Anexo 14)
7	12/8/2020	El Mercurio Campo newsletter	Publicación digital	NA	Noticia
			Total participantes	115	

12. PRODUCTORES PARTICIPANTES

Complete los siguientes cuadros con la información de los productores participantes del proyecto.

12.1 Antecedentes globales de participación de productores

Debe indicar el número de productores para cada Región de ejecución del proyecto.

Región	Tipo productor	N° de mujeres	N° de hombres	Etnia (Si corresponde, indicar el N° de productores por etnia)	Totales
O'Higgins	Productores pequeños	0	1		1
	Productores medianos-grandes	0	2		2
	Productores pequeños				
	Productores medianos-grandes				
	Totales				2

12.2 Antecedentes específicos de participación de productores

Nombre	Ubicación Predio			Superficie Há.	Fecha ingreso al proyecto
	Región	Comuna	Dirección Postal		
José Carreño	VI	Pichidegua		4	2018
Los Lingues	VI	San Fernando		60	2017
El Coigue	VI	San Fernando		35	2019

13. CONSIDERACIONES GENERALES

13.1 ¿Considera que los resultados obtenidos permitieron alcanzar el objetivo general del proyecto?

Si, en lo que respecta a implementar un prototipo de sistema de control de heladas en melones usando como fuente energética la geotermia de muy baja entalpía. En cuanto a cerezas se logró a nuestro parecer el 85% visto que pudimos implementar una primera temporada evaluar y determinar los ajustes del sistema, así como los requisitos para implementarlo.

13.2 ¿Cómo fue el funcionamiento del equipo técnico del proyecto y la relación con los asociados, si los hubiere?

CEGA no pudo entregar el servicio acordado en tiempo y calidad afectando los plazos y debiendo otros profesionales del equipo realizar sus labores.

13.3 A su juicio, ¿Cuál fue la innovación más importante alcanzada por el proyecto?

Contar con un prototipo que puede resolver problemas de heladas en hortalizas a partir de geotermia sin agotar el recurso hídrico y sin uso de una bomba de calor.

Y contar con un modelo que permite dimensionar diseños de control de heladas por geotermia con agua circulando bajo y sobre suelo; para nuevas condiciones sitio específicas ambientales.

13.4 Mencione otros aspectos que considere relevante informar, (si los hubiere).

Después de la publicación de los publrreportajes, fuimos contactado por un periodista de la **Revista de Campo, El Mercurio**, que nos informó que debido a lo interesante del proyecto tenían interés en publicar un reportaje, lo que se concretó a partir de una entrevista telefónica y se publico la semana del 10 de agosto 2020.

Consideramos mucho potencial para aplicar a nivel de país y mundial, pero se requiere inversiones de importancia para poder realizar el empaquetamiento de la tecnología, en particular por la necesidad de algunos materiales de difícil adquisición en Chile, ya que la tecnología de uso de geotermia no está en uso en la agricultura, en este proyecto usamos componentes disponibles en el mercado nacional, pero diseñado para otras aplicaciones. Nos gustaría asociarnos con otras empresas chilenas fabricantes para fabricar componentes especiales por esta aplicación, económicos y fácil y rápido a ensamblar en terreno.

14. CONCLUSIONES

Realice un análisis global de las principales conclusiones obtenidas luego de la ejecución del proyecto.

El recurso geotérmico del país a raíz de sus grandes cordones volcánicos representa una valiosa fuente de energía nula a escasamente utilizada en la agricultura nacional. Además escasez de información del recurso geotermia y estudios relacionadas a la agricultura, y la información que existe es difícil a encontrar.

La oferta nacional de tecnología no cuenta con materiales de bajo costo y/o fácil adquisición para el propósito específico de transferencia de calor, debiendo adaptarse de otras industrias, lo que determina un gran espacio de crecimiento al desarrollarse una industria en torno a la geotermia para aplicaciones agrícolas.

En este proyecto logramos controlar heladas de -1.6 por 6 horas con un caudal de 1 l/s en 0.1 ha, perdiendo tan solo 2°C de temperatura en el agua, dejando un importante rango a los 18°C del agua para generar energía.

Logramos diseñar, dimensionar y construir un prototipo para control de heladas de melones y así adelantar fechas de cosecha ganancias netas que pueden pasar de \$8 MM/ha a \$13 MM/ha por tratarse de un primor de primores, es decir salir antes de la fecha tradicional de los primores de la zona en estudio.

Se ha podido calibrar los modelos de flujo y calor a partir de la información de temperatura de suelo, aire, agua entre otras variables que permite establecer caudales, cambio de temperatura y la energía perdida del agua para establecer si el recurso que disponemos se puede distribuir en un área específica.

15. RECOMENDACIONES

Señale si tiene sugerencias en relación a lo trabajado durante el proyecto (considere aspectos técnicos, financieros, administrativos u otro).

Los proyectos de este nivel de innovación tienen un alto nivel de incertidumbre, es por ello que en ocasiones se realizan cambios de insumos, utensilios u otros no programados y no reflejados en el detalle escrito del proyecto que por lo general se ha escrito 1 año antes; se requiere una mayor flexibilidad al momento de la evaluación de estos ítems que no se ha logrado comunicar dentro de los plazos que otorga FIA; quizás sería recomendable establecer un monto dentro de los proyectos que permita ser utilizado en dichos conceptos, los imprevistos no sirven porque también se debe comunicar anticipadamente y ser aprobado su uso.

16. ANEXOS

Anexo 1	Recurso geotérmico – Perfiles de temperaturas en pozos
Anexo 2	Análisis de suelo
Anexo 3	Recurso geotérmico San Fernando y Pichidegua (CEGA)
Anexo 4	Informe de construcción y bombeo pozo Geco sector Los Romos, comuna de Pichidegua (MFDrill)
Anexo 5	The potential for utilizing geothermal heat to protect crops from frost damage, and resource sustainability (Glassley)
Anexo 6	Diseños y simulaciones de los prototipos
Anexo 7	Monitoreo de clima, sitios Pichidegua y San Fernando
Anexo 8	Experimentos controlados a pequeña escala – en frigorífico
Anexo 9	Experimentos a pequeña escala en EEUU (Miller)
Anexo 10	Prototipo en melones
Anexo 11	Prototipo en cerezos
Anexo 12	Manual de Usuario – Sistema detección de heladas (Veto)
Anexo 13	Análisis económico del prototipo en 1 ha melones
Anexo 14	Difusión – Publiirreportajes
Anexo 15	Difusión – Día del campo
Anexo 16	Seminario Geotermia de la Vigilancia Tecnológica de OHiggins

17. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

Banks, D. (2012). Glossary. In: An Introduction to Thermogeology: Ground Source Heating and Cooling (2nd Edition). John Wiley & Sons.

onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781118447512

onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/9783433606674.gloss

Bergquist, W., & J. Rigen. (2014). Temperature Measurement in Freezers, Autoclaves, and Air.

http://www.burnsengineering.com/local/uploads/content/files/Measuring_Temp_in_Freezers_Autoclaves_and_Air_-_Notes.pdf (fecha de acceso: 01-06-2020).

CAS Dataloggers. (2019). Top 3 Reasons Why the Temperature Fluctuates in Your Fridge or Freezer. [https://www.dataloggerinc.com/wp-content/uploads/2019/03/19-](https://www.dataloggerinc.com/wp-content/uploads/2019/03/19-Top_3_Reasons_Why_The_Temperature_Fluctuates_In_Your_Fridge_or_Freezer.pdf)

[Top 3 Reasons Why The Temperature Fluctuates In Your Fridge or Freezer.pdf](https://www.dataloggerinc.com/wp-content/uploads/2019/03/19-Top_3_Reasons_Why_The_Temperature_Fluctuates_In_Your_Fridge_or_Freezer.pdf) (fecha de acceso: 01-06-2020).

CEGA (2018). Recurso Geotérmico San Fernando y Pichidegua, Informe Final ingresado a Geco Enterprises Ltda., Anexo 3 de proyecto FIA Código PYT-2017-0207, marzo 2018. Centro de Excelencia en Geotermia de Los Andes (CEGA), 52 p.

Cooper, H.H., & Jacob, C.E. (1946). A Generalized Graphical Method for Evaluating Formation Constants and Summarizing Well-field History: Eos, Transactions of the American Geophysical Union, 27, 4, p. 526–534. doi: 10.1029/TR027i004p00526.

DENA (2014). Energy supply with renewables – Made in Germany. Information on technologies, suppliers, products and services. 2014/2015 edition. German Energy Agency. Berlin.

energypedia.info/images/6/6c/Renewables_Made_in_Germany_2015_EN_01.pdf

DGA. (2015). Diagnóstico de la Calidad de las Aguas Subterráneas de la región Lib. Bernardo O'Higgins, Anexo 5: Resultados análisis químicos. S.D.T. N° 368, DCPRH, Dirección General de Aguas (DGA), Santiago de Chile.

Fitts, C.R. (2013). Chapter 3 - Principles of Flow BT. In: Groundwater Science (2nd edition), Academic Press, Boston, p. 47–96.

Geco Enterprises Ltda. (2016). Estudio de la Factibilidad Técnico Económico de Usar Energía Geotérmica Para el Control de Heladas. Proyecto FIC-FIA Código EST 2015-0308. Informe Final ingresado a la Fundación para la Innovación Agraria (FIA), julio 2016.

Glassley, W.E. (2014). Geothermal Energy: Renewable Energy and the Environment (2nd edition). CRC Press, Boca Raton, 381 p.

Glassley, W.E. (2016). The Potential Usefulness of Geothermal Heat for Frost Protection: Preliminary Reconnaissance Geothermal Resource Modeling. Anexo 5, Final Report FIC-FIA EST 2015-0308 submitted to Fundación para la Innovación Agraria (FIA) by Geco Enterprises Ltda., pp. 145-150.

Godoy, E., Schilling, M., Solari, M. and Fock, A. (2009). Geología del Área Rancagua – San Vicente de Tagua Tagua, Región del Libertador General Bernardo O'Higgins. Servicio Nacional de Geología y Minería. Carta Geológica de Chile. Serie Geología Básica 118, 50 p. 1 mapa escala 1:100,000. Santiago. ISSN 0717-7283.

Ilic, P. (1990?) Plastic Tunnels for Early Vegetable Production. Division of Agriculture and Natural Resources, University of California, USA. (Publicación Agotada)

http://sfpc.ucdavis.edu/pubs/Family_Farm_Series/Veg/Production/ (fecha de acceso: 01-06-2020).

INGEOREC Ltda. (2011). Diagnóstico de la Red de Aguas Subterráneas Región del Libertador Bernardo O'Higgins. Informe Final S.I.T. N° 227, Dirección General de Aguas (DGA), Santiago de Chile, enero 2011.

Palacky, G.J., 1987, Resistivity Characteristics of Geologic Targets, in Electromagnetic Methods in

Applied Geophysics. Theory: M.N. Nabighian, Ed., Society of Exploration Geophysicists

Schrader, W.L. (2000). Plasticulture in California Vegetable Production. Publication 8016, Division of Agriculture and Natural Resources, University of California, USA.

Sellés, D., & Gana, P. (2001). Geología del Area Talagante-San Francisco de Mostazal, Regiones Metropolitana y del Libertador General Bernardo O'Higgins, Escala 1:100.000. SERNAGEOMIN, Santiago, 30 p. 1 mapa.

SERNAGEOMIN. (2003). Mapa Geológico de Chile 1:1000000. Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), Santiago.

Snyder, R.L. (2000). Principles of Frost Protection. University of California, Agriculture and Natural Resources. https://ucanr.edu/blogs/strawberries_caneberries/blogfiles/19636.pdf

Theis, C. V, 1935, The Relation Between the Lowering of the Piezometric Surface and the Rate and Duration of Discharge of a Well Using Ground-Water Storage: Eos, Transactions American Geophysical Union, 16, 2, p. 519–524, doi: 10.1029/TR016i002p00519.

Tinti. F. S. Kasmaee. M. Elkamorty. S. Bonua. & V. Bortolotti (2018). Suitability Evaluation of Specific Shallow Geothermal Technologies Using a GIS-Based Multi Criteria Decision Analysis Implementing the Analytic Hierarchic Process Energies. 11. 457. 21 p.

Wall, R., Gana, P., & Gutiérrez, A. (1996). Mapa Geológico del Area de San Antonio-Melipilla: Regiones de Valparaíso, Metropolitana y del Libertador General Bernardo O'Higgins, Escala 1:100.000 [monografías]. SERNAGEOMIN, Santiago, 20 p. 1 mapa.