

Estudio de antecedentes para el diseño
de un proyecto comunitario:

Invernadero solar inteligente para el cultivo de flores, hortalizas y frutales en Putre

INSTITUCIONES EJECUTORAS SERC CHILE



SOCIOS ESTRATÉGICOS



PRÓLOGO

El presente estudio de antecedentes para el diseño del proyecto comunitario *“Invernadero solar inteligente para el cultivo de flores, hortalizas y frutales en Putre”*, se destina a ser utilizado como una fuente de información hacia las comunidades rurales y público en general, como material de consulta y divulgación que trata la situación energética de la región de Arica y Parinacota, haciendo hincapié así mismo en las características energética propias de la región. Se ha pretendido elaborar esta guía que pueda ser leída por cualquier persona sin formación técnica en la materia y lograr que, a través de su lectura, pueda entender cómo es la generación de electricidad y la producción de energía a partir de fuentes energéticas renovables. Su carácter divulgativo favorecerá su aprovechamiento por jóvenes, pero también por personas de todas las edades que sientan interés por los temas energéticos de la región.

Este estudio se encuentra en los objetivos del proyecto Ayllu Solar, una iniciativa de SERC Chile (Solar Energy Research Center) que es la creación de capital humano para impulsar el desarrollo sostenible de comunidades urbanas y rurales de la región de Arica y Parinacota, a través del uso de energía solar, con el fin de contribuir, desde la ciencia, a mejorar la calidad de vida de sus habitantes. Este estudio de antecedentes se elaboró como una propuesta de proyecto en el año 2015, en el marco de la selección de los proyectos de referencia que finalmente fueron implementados en la región de Arica y Parinacota. La presente no fue implementada, sin embargo, constituye una guía útil para el desarrollo de proyectos de similares características.

La edición de este documento se estructura en 4 capítulos. El primer capítulo corresponde al estado del arte de la situación de la región y del sitio de emplazamiento del proyecto. El segundo capítulo se refiere a la descripción técnica y económica de la propuesta que está dedicada, en términos generales, a las tecnologías y soluciones involucradas en esta iniciativa. El tercer capítulo abarca los temas de diagnóstico socio-cultural (línea base y la metodología de la co-construcción) y finalmente el cuarto capítulo, donde se explica y se exponen los aspectos de la formación de capital humano.

Finalmente, se debe considerar que, no obstante algunos de los datos estadísticos fueron actualizados dentro del texto original (ejemplo actualización Censo 2017), todos los costos fueron realizados con valores del año, 2015, por tal motivo para mejor uso de este documento se sugiere ajustar los costos y normativas a los precios de mercado actuales y valor del dólar del día de la consulta.

RESUMEN EJECUTIVO

RESUMEN EJECUTIVO

La solución solar propuesta corresponde a la construcción e implementación de un invernadero solar inteligente para el desarrollo de cultivos de alta rentabilidad, con alto potencial comercial y adaptados a las condiciones edafoclimáticas de la zona: lilium, locoto y tumbo.

La construcción del invernadero solar contempla la instalación de paneles fotovoltaicos en el techo para la generación de energía eléctrica y colectores de calor (muro Trombe) para la generación de energía térmica. Dado que la localidad de Putre está conectada a la red eléctrica no se considera el apoyo de baterías para el funcionamiento del invernadero durante la noche, sino que se conectará directamente a la red. Se evaluará asimismo la incorporación de sistema de secado de productos agrícolas con uso directo de energía solar.

Durante los períodos de menor actividad agrícola, específicamente después de la cosecha, la energía generada por los invernaderos se podrá utilizar para el funcionamiento de una máquina despalilladora de orégano, cultivo extendido en la zona y cuyas labores se realizan actualmente de manera tradicional.

El invernadero cuenta con riego automatizado (por goteo) que utilizará el agua proveniente de canales de suministro usados actualmente para el riego tradicional por parte de los agricultores.

La inversión requerida para la puesta en marcha del invernadero inteligente alcanza la suma total de \$67.410.000. El total de los costos bordea los cien millones de pesos anuales y los ingresos netos del proyecto son del orden de los ochenta y seis millones de pesos anuales.

El análisis de sensibilidad muestra que es posible estimar que la venta mínima promedio (o precios) puede bajar de un 100% estimado a un 61,14% recuperando aún la inversión y financiando todos los costos de operación y mantención. Asimismo, si baja aún más las ventas, estas podrían incluso llegar a un 53,74% promedio, lo que permite cubrir la operación del negocio (descontando la inversión y el valor de recuperación de la inversión al quinto año).

El proyecto puede ser escalado fácilmente a través de un aumento en el número de invernaderos, lo que a su vez tendría el efecto positivo de contribuir con energía solar eléctrica a la localidad.

Es posible identificar elementos claves para desarrollar la presente propuesta, por ejemplo, la aceptación de innovaciones productivas y las bondades agroecológicas del territorio. Asimismo, las organizaciones de usuarios de agua, las tradiciones que aún se mantienen y la capacidad de organizarse colectivamente, serían aspectos facilitadores para el desarrollo del proyecto.

Un aspecto favorable a destacar es la visibilidad que este proyecto otorga a la aplicación solar, dado que la localidad de Putre tiene un flujo constante de personas debido a su ubicación cercana a atractivos turísticos y a que concentra una serie de servicios, que lo hacen ser un centro de actividad relevante para la comuna y para la región.

Tabla de Contenido

PRÓLOGO	2
RESUMEN EJECUTIVO	3
1 Introducción	6
1.1 Antecedentes básicos	6
1.2 Descripción de la localidad	7
1.3 Descripción general de problemática abordada.....	9
1.4 Estructura del documento	11
2 Descripción técnica de la propuesta	12
2.1 Esquema general de solución propuesta	12
2.2 Detalle de componentes más relevantes	14
2.1.1 Invernadero solar inteligente.....	14
2.1.2 Sistema de riego por goteo	15
2.1.3 Sistema energético del invernadero y del riego tecnificado.....	16
2.3 Evaluación de costos	20
2.4 Análisis de impacto económico	22
3 Diagnóstico socio-cultural	24
3.1 Descripción de aspectos relevantes de la comunidad.....	24
3.1.1 Organización y cohesión social.....	24
3.1.2 Relación con otros territorios.....	26
3.1.3 Experiencias colaborativas anteriores.....	28
3.1.4 Potencial de desarrollo productivo	29
3.2 Análisis crítico	30
4 Formación de capital humano	32
4.1. Propuesta Formativa	32
4.2. ¿Cuáles son las temáticas y actividades propuestas?	32
4.3 Comentarios finales sección formación de capital humano.....	33
4.3 Costos en formación de capital humano	33
5 Conclusiones generales	34

6	Referencias	36
7	Anexos.....	38
	Anexo 1: Componentes invernadero solar	38
	Anexo 2: Riego por goteo.....	38
	Anexo 3: Secador solar para locoto	40
	Anexo 4: Máquina despalilladora y calibradora de orégano	41

1 Introducción

1.1 Antecedentes básicos

La agricultura es una de las actividades más importantes de la localidad de Putre, la cual se desarrolla generalmente a baja escala y se orienta principalmente a la producción de hortalizas, tales como orégano, papas, cebolla, tomate, alcayota, lechuga, repollo, habas, arvejas, locoto, ajo y coliflor, además alfalfa y maíz y algunas especies de frutales como tumbo y mango. Buena parte de la producción se orienta al autoconsumo, y los excedentes son comercializados principalmente a Arica, o en el caso del forraje -principalmente alfalfa- se vende a ganaderos de las comunas de General Lagos y Putre, el cual se utiliza para la alimentación de su ganado: alpacas y llamas en períodos de escasez.

También existe en Putre la producción de flores, del género *Lilium* (*Lilium spp.*), la cual se vende principalmente en la ciudad de Arica, y en menor proporción en Putre y localidades aledañas. Varios de estos productos tienen una calidad reconocida, como es el caso del orégano, el cual presenta características intrínsecas distintivas en cuanto a su sabor, textura y aroma, por lo cual se encuentra tramitando la indicación geográfica¹.

Otros productos altamente reconocidos en la zona por sus destacadas cualidades son el locoto (*Capsicum pubescens*), que ha aumentado su presencia en mercados más desarrollados, como por ejemplo en supermercados y restaurantes de Santiago y otras ciudades de Chile, y el tumbo (*Passiflora tripartita*), el cual, si bien aún se produce a una baja escala, se le ha reconocido un alto potencial tanto en términos gastronómicos como productivos.

La superficie cultivada total en la localidad de Putre es de alrededor de 25 hectáreas, y en general las explotaciones son superficies de menos de una hectárea, muchas de las cuales se cultivan en forma de terrazas o andenes, lo que corresponde a una práctica cultural ancestral en la zona. Asimismo, existen experiencias de cultivo en invernadero tradicional, sin riego tecnificado ni control automatizado de temperatura que, si bien otorgan buenos resultados, ofrecen un espacio de mejora para las condiciones de cultivo que harían más eficiente el consumo de recursos como agua y energía.

Una posibilidad de mejorar la productividad del sector agrícola de Putre y de este modo el ingreso de los productores es mediante la diversificación e intensificación de los cultivos. En este contexto es que la implementación de un invernadero otorga posibilidades de impulsar la actividad agrícola. Lo singular de esta propuesta es que más allá de la construcción de un invernadero tradicional, se pretende implementar un invernadero automatizado con sistema de ventilación y calefacción, con riego tecnificado, y donde sus requerimientos energéticos en su mayoría provengan de la autogeneración de energía con paneles solares situados en el techo de cada uno.

¹ INAPI, 2016. Disponible en: <http://www.sellodeorigen.cl/611/w3-article-6512.html>.

1.2 Descripción de la localidad

Putre es una localidad ubicada en la precordillera andina de la región de Arica y Parinacota, a 3.600 metros sobre el nivel del mar y sobre las faldas del complejo volcánico Tarapacá, también conocido como Nevados de Putre. Corresponde a un asentamiento administrativo de importancia regional, siendo capital de la provincia de Parinacota y de la comuna de Putre. Posee un clima templado de altura, con amplias variaciones diarias de temperatura y una estación lluviosa de diciembre a marzo, en la que ocasionalmente se dan intensas precipitaciones que dificultan las comunicaciones viales con el resto de la región.

Históricamente Putre funcionó como un tambo inca dentro de la compleja red de caminos que unificaban el territorio, y pasó a convertirse en un asentamiento agrícola estable a partir de fines del siglo XVI con la llegada de familias españolas y el auge de la minería en la zona de Potosí.

Actualmente Putre es una localidad dedicada principalmente a los servicios públicos, la agricultura y el turismo, la mayoría de su población es de origen Aymara, con un alto nivel de envejecimiento, y se observa que una parte importante de su población económicamente activa es extranjera (peruana y boliviana).

La localidad posee un amplio territorio destinado a la producción agrícola-ganadera, actividad que actualmente está en proceso de disminución tanto por la emigración constante como por el envejecimiento de su población. Los principales cultivos agrícolas de la zona son hortalizas, tales como orégano, papas, cebolla, tomate, alcayota, lechuga, repollo, habas, arvejas, locoto, ajo y coliflor, además alfalfa y maíz, y algunas especies de frutales como tumbo y mango. Por su parte, la ganadería caprina se encuentra igualmente a la baja.

En general, para el desarrollo de la actividad agropecuaria, Putre cuenta con una calidad de suelos favorables en relación a la realidad regional², además de tener disponibilidad de agua para riego, aunque ésta disminuye en el período invernal (desde abril hasta junio). El sistema de riego más extendido es mediante surcos, y sólo una fracción de los agricultores cuenta con algún tipo de riego tecnificado (20% aproximadamente), cuya implementación ha sido co-financiada mayoritariamente por los servicios de apoyo como INDAP³ o CONADI⁴. Aquellos agricultores que requieren impulsar el agua hacia una cota mayor a la de la fuente, lo hacen mayoritariamente mediante motobombas que funcionan con diésel.

La localidad de Putre presenta la particularidad de estar situada en un punto geográfico que vincula dos territorios climática y productivamente diferenciados (ver Figura 1).

² Ciren, 2013.

³ INDAP: Instituto de Desarrollo Agropecuario.

⁴ CONADI: Corporación de Desarrollo Indígena.

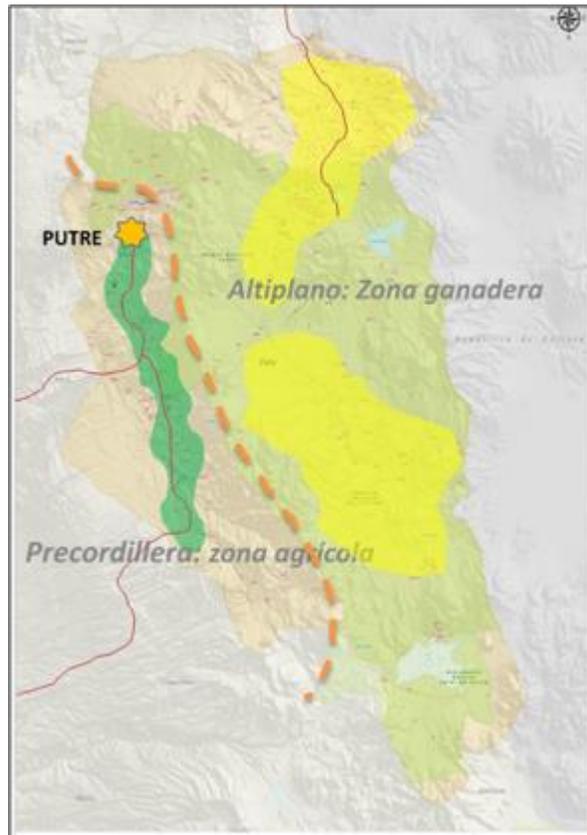


Figura 1. Putre como localidad que vincula dos territorios diferenciados

En la zona sur poniente de Putre se ubican una serie de quebradas y cordones precordilleranos. En esta zona, dada sus características climáticas, la principal actividad económica es la agricultura. A su vez, dadas estas características geográficas, varias localidades poseen problemas de conectividad lo que dificulta el desarrollo de los pequeños centros poblados.

Hacia la zona oriente de Putre se sitúa el Altiplano, el cual básicamente corresponde a una franja volcánica con una altura promedio de 3.800 m.s.n.m. y un ancho promedio de 20 km. Este se extiende entre los faldeos de la Cordillera Central y los de la Cordillera de los Andes, siendo una meseta de altura cruzada de oriente a poniente por algunos cordones de cerros que se desprenden de ambas cordilleras y conforman las hoyas hidrográficas de los ríos Caquena, Lauca y Surire. La principal actividad económica de esta zona es la ganadería de camélidos. En el caso del altiplano, la conectividad y las comunicaciones son bastante limitadas, de hecho, según el relato de algunos habitantes, el altiplano representa “el patio trasero de la comuna”, aludiendo a su condición de abandono.

Por otra parte, la actividad turística es incipiente aunque existe una amplia presencia de hospedajes, restaurantes y servicios de turismo ligados a los atractivos del altiplano, en su mayoría son atendidos por extranjeros. Dada su ubicación geográfica, así como por la presencia de servicios básicos, la localidad representa una plataforma en donde los turistas pueden alojar para recorrer la zona.

La población actual de Putre está estimada 1.462 habitantes (censo 2017). Cabe destacar que en esta localidad existe una amplia movilidad de la población, existiendo un constante flujo de personas entre Putre y Arica, y entre esta localidad y otras localidades de la precordillera y altiplano⁵.

En lo que se relaciona con servicios básicos, la localidad posee un sistema de agua potable rural, electrificación conectada al SEN (Sistema Eléctrico Nacional) y operada por una empresa local, sistema de alcantarillado y de tratamiento de aguas servidas municipal, operado con energía solar y tratamiento biológico. Es la única localidad de la precordillera que cuenta con todos los servicios básicos.

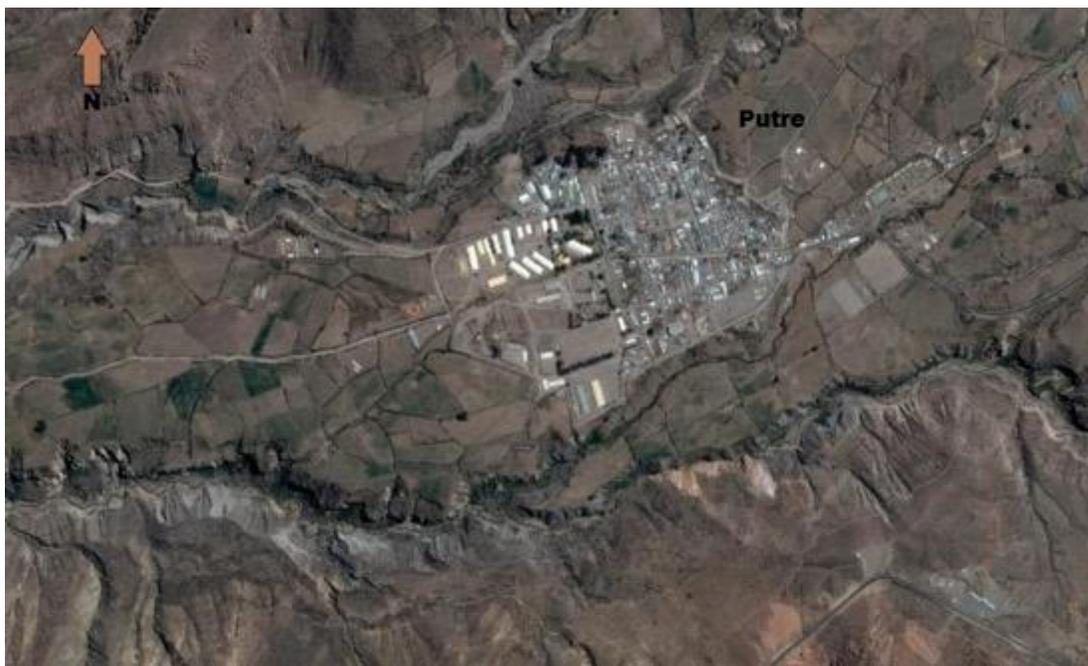


Figura 2. Localidad de Putre y predios agrícolas aledaños

1.3 Descripción general de problemática abordada

Putre posee un historial productivo ligado a la producción de alfalfa, tradicionalmente asociado al intercambio con la actividad ganadera del altiplano. Sin embargo, al igual que la mayoría de las

⁵ “Chile: ciudades, pueblos y caseríos”; Instituto Nacional de Estadísticas, 2005.

localidades de la precordillera de la región, se ha enfrentado a procesos de emigración y envejecimiento poblacional que han conllevado a un creciente debilitamiento de las actividades productivas tradicionales de la zona –agricultura y ganadería-. En el caso de la agricultura, esto ha derivado en una actividad de baja rentabilidad, principalmente para el autoconsumo y con escasa innovación.

Una de las problemáticas que limitan la actividad agrícola de la zona, y que ha cobrado mayor relevancia en los últimos años, es el alto costo de la mano de obra, debido a la baja población local con disposición a realizar labores agrícolas. Este problema ha sido abordado de manera parcial mediante la contratación de trabajadores inmigrantes, principalmente desde Bolivia y Perú, lo que sin embargo no ha significado una solución estructural -en especial en períodos de mayor demanda de trabajo, como lo son la siembra y la cosecha- dada la volatilidad asociada a este tipo de empleos y al impedimento de realizar contratos temporales para quienes no cuenten con visas de trabajo.

Otra problemática que constituye una limitante al desarrollo de la actividad agrícola en la zona son las bajas temperaturas invernales, las que inciden negativamente en el desarrollo vegetativo y reproductivo de algunos cultivos, afectando a su vez el rendimiento y por lo tanto los ingresos de los productores. En este sentido, el desarrollo de nuevos productos está determinado por las posibilidades de innovación tecnológica de los agricultores.

La disponibilidad de agua en Putre es de abundancia relativa hasta el período antes de las lluvias (entre abril y junio). Al igual que en el caso de la mayoría de los cursos de agua precordilleranos, el agua presenta una elevada concentración de arsénico⁶, lo cual significa una limitante para el cultivo de variedades que no están adaptadas a dicha condición.

En este contexto, el desarrollo de invernaderos inteligentes permitiría, por un lado, disminuir la mano de obra requerida para la producción mediante la automatización e intensificación de los cultivos. Asimismo, al controlar las condiciones climáticas dentro del invernadero posibilitaría diversificar la producción hacia cultivos más rentables y ofrecer puestos de trabajo más calificados. Adicionalmente, mediante el uso de energía solar, se potenciaría la producción limpia baja en carbono. De esta forma se podría generar nuevas posibilidades de desarrollo local y, a la vez, se constituiría en una experiencia posible de ser replicada en otros territorios agrícolas de la región que comparten similitudes en su matriz productiva y condiciones agroclimáticas. A continuación se detallan las potencialidades de la solución propuesta.

- El invernadero inteligente permite un uso más eficiente tanto del terreno como de la mano de obra en comparación a los sistemas productivos al aire libre, y considerando la baja disponibilidad de trabajadores permanentes y temporales para realizar labores agrícolas en la zona, la aplicación propuesta constituye una mejora en términos competitivos para los productores.

⁶Tal como lo señala el Plan de desarrollo comunal de la comuna de Putre, 2008.

- En términos generales, los ciclos productivos en la agricultura deben adaptarse a las condiciones climáticas. En este sentido, y debido a la posibilidad de aislar la atmósfera productiva que otorga un invernadero, esta solución permite incorporar nuevos cultivos que requieran de una atmósfera controlada, y asimismo adaptar las condiciones climáticas a los ciclos fenológicos requeridos por los cultivos. De este modo, se incrementa la productividad del negocio.
- Además de incrementar la densidad de plantación, el invernadero permite controlar de mejor manera plagas y enfermedades, debido al mismo aislamiento del sistema productivo y al mayor control por superficie.
- Un sistema de riego tecnificado permite hacer un uso eficiente del agua a la vez que disminuye las probabilidades de desarrollo de plagas que comúnmente afectan a cultivos regados de manera no tecnificada, dada su excesiva humedad e irregularidad en la distribución del agua utilizada. Al aplicar este sistema de riego se ve una baja incidencia de enfermedades y plagas, que se traducen en una disminución en las mermas y en el gasto en productos de protección de cultivos, como pesticidas, fungicidas o nematocidas, por ejemplo. El invernadero permite controlar variables como plagas y enfermedades y, por lo tanto, disminuir el uso de pesticidas, mejorar la nutrición de la planta y optimizar la disolución nutritiva, incrementar la densidad de plantas, diversificar la producción local y aumentar el período de producción.
- El uso de energía solar en el invernadero para riego, ventilación y calefacción, permitirían acceder a una producción más limpia, que apunta a una baja huella de carbono.

1.4 Estructura del documento

A partir de los antecedentes generales de la localidad y aplicación propuesta, en la siguiente sección se presenta la descripción técnica de la propuesta. En forma paralela, en la sección 3 se muestra el diagnóstico socio-cultural de la comunidad con la que se trabajó la propuesta. En la sección 4 se resume la propuesta de desarrollo de capital humano que aborda tanto los aspectos relacionados con el proyecto de referencia como de otras iniciativas a desarrollar. Finalmente, en la sección 5, se exponen las conclusiones como resultado del análisis elaborado en forma conjunta por el equipo interdisciplinario.

2 Descripción técnica de la propuesta

2.1 Esquema general de solución propuesta

La solución solar propuesta corresponde a la construcción e implementación de un invernadero solar inteligente para el desarrollo de cultivos de alta rentabilidad con alto potencial comercial y adaptados a las condiciones edafoclimáticas de la zona: liliium, locoto y tumbo.

La construcción del invernadero solar contempla la instalación de paneles fotovoltaicos en el techo para la generación de energía eléctrica y colectores de calor (muro Trombe) para la generación de energía térmica. Dado que la localidad Putre está conectada a la red eléctrica, no se considera el apoyo de baterías para el funcionamiento del invernadero durante la noche, sino que se conectará directamente a la red.

Durante los períodos de menor actividad agrícola, específicamente después de la cosecha, la energía generada por los invernaderos se podrá utilizar para el funcionamiento de una máquina despalladora de orégano, cultivo extendido en la zona y cuyas labores se realizan actualmente de manera tradicional.

El invernadero contará con riego automatizado (por goteo) que utilizará el agua proveniente de canales de suministro usados actualmente para el riego tradicional por parte los agricultores.

La Figura 3 presenta el esquema general de la aplicación propuesta.

Invernadero solar inteligente para el cultivo de flores, hortalizas y frutales en Putre

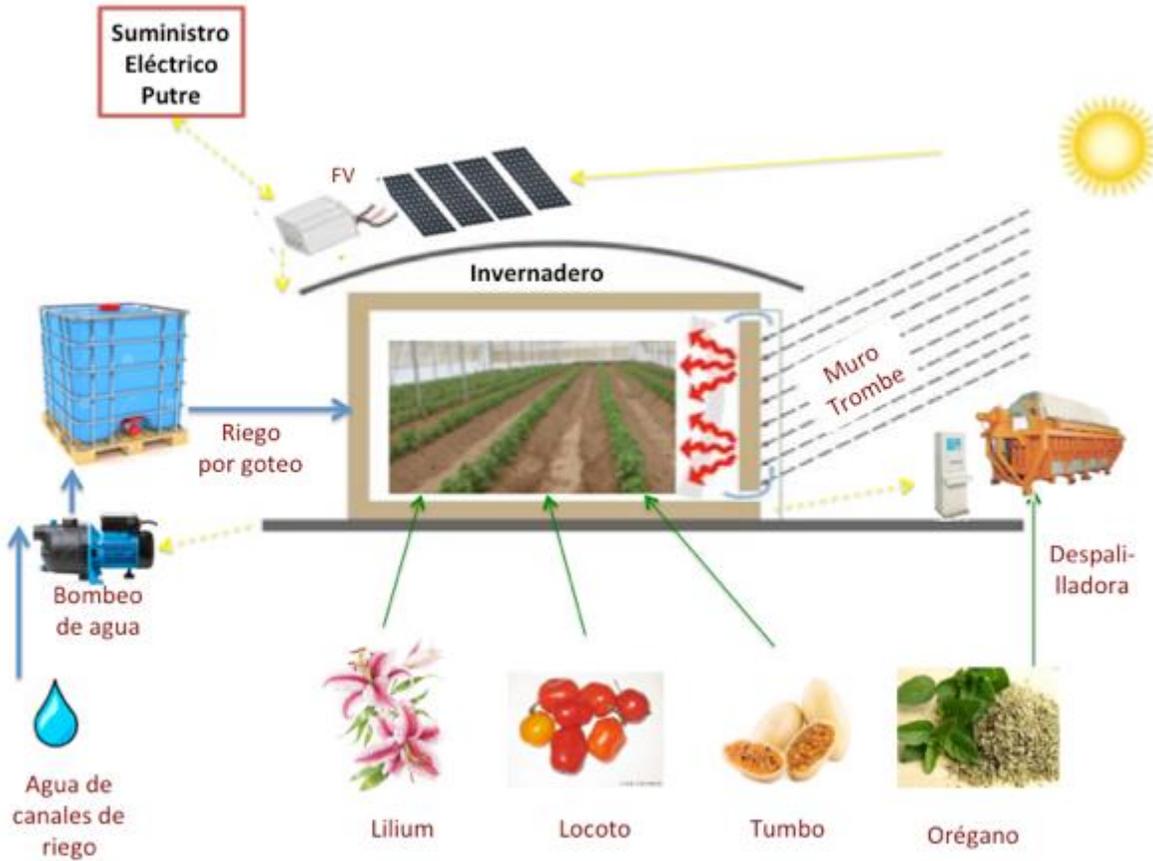


Figura 3: Esquema general del invernadero solar inteligente y sus componentes: El sistema fotovoltaico provee de energía al sistema de impulsión de agua y al sistema de calefacción al interior del invernadero. El sistema de impulsión de agua bombea a esta desde los canales de riego al estanque. Un segundo sistema de impulsión bombea agua desde el estanque al invernadero. Este sistema se distribuye para regar mediante goteo al cultivo al interior del invernadero.

2.2 Detalle de componentes más relevantes

2.1.1 Invernadero solar inteligente

El objetivo del invernadero solar inteligente es proveer un ambiente de clima controlado que optimice las condiciones requeridas por el cultivo para obtener su máximo rendimiento, a la vez que utiliza su estructura para generar energía eléctrica y térmica.

El diseño del invernadero contempla la implementación de un sistema de control de temperatura (calefacción y ventilación) y de riego. Normalmente estos componentes utilizan energía eléctrica para su funcionamiento, aunque en el caso particular del sistema de calefacción se podría utilizar concentradores térmicos solares para reducir el consumo de energía eléctrica.

Adicionalmente, el invernadero contará con paneles fotovoltaicos en el techo para la generación de energía eléctrica que será utilizada directamente para el funcionamiento entre otros, del riego automatizado y del sistema de ventilación. Para suplir demandas energéticas adicionales a las generadas por el sistema fotovoltaico (por ejemplo, durante la noche), el invernadero estará conectado a la red local. Los excedentes de energía generados serán inyectados a la red de suministro eléctrico local con el fin de tener ganancias adicionales por concepto de generación de energía (net-billing).

El sistema de ventilación del invernadero puede funcionar de manera automatizada, mediante la apertura de ventanas (cuya orientación y dimensiones optimicen la circulación del aire en las horas de mayor temperatura) accionadas por actuadores eléctricos los cuales se activan mediante una señal de temperatura. Los cultivos de liliium, locoto y tumbo se adaptan de buena manera a las condiciones climáticas de la zona, sin embargo, se requiere mantener los cultivos en sus umbrales de desarrollo óptimos, con el fin de maximizar los rendimientos.

Se propone construir 8 invernaderos de 500m² cada uno que equivalen a una superficie de 4.000 m² bajo plástico. De estos ocho invernaderos 6 serán cultivados con flores (liliium), 1 con tumbo y 1 con locoto. Esto, porque el cultivo del liliium es más rentable y otorga mayores ingresos netos a la producción, sin embargo, la propuesta busca además promover la diversificación de cultivos, por lo tanto, se introducirá de manera incipiente el cultivo del tumbo y locoto bajo invernadero.

A continuación, se describe cada uno de los cultivos propuestos:

El liliium (*Lilium spp.*) es uno de los cultivos de flores de corte más importantes en Chile cultivándose tanto al aire libre como en invernadero. Es en el segundo caso que presenta un mayor rendimiento y mejor calidad de flores. Un aspecto importante en la producción de flores es la estacionalidad de la demanda, la cual se ve fuertemente incrementada en fechas específicas entre los meses de noviembre y mayo: el día de todos los santos, navidad, día de los enamorados, y el día de la madre. Es este sentido, los floricultores se deben adaptar a tales fechas con la disponibilidad de sus

productos, situación que se ve fuertemente favorecida al producir bajo invernadero, ya que este sistema permite controlar las condiciones climáticas en las que se desarrollan las flores, permitiéndoles planificar las cosechas.

El locoto (*Capsicum pubescens*) o también llamado rocoto, es un fruto de la familia de los ajés y es un ingrediente importante de la cocina peruana, la cual en los últimos años ha incrementado fuertemente su presencia en la oferta culinaria en Chile, tanto en el número de restaurantes como en el de locales que venden alimentos de dicho origen. Este producto es altamente valorado además de sus cualidades gastronómicas, por sus cualidades nutricionales (presencia de alto número de aminoácidos, proteínas, carbohidratos y vitaminas). Si bien en Chile aún se produce y comercializa a muy baja escala, se espera que esta vaya en aumento en los próximos años, conforme a las tendencias de consumo, tanto nacional como internacional. En este sentido, existen algunas experiencias para impulsar la producción de locoto en la Región de Arica y Parinacota⁷.

El tumbo (*Passiflora tripartita*), es un fruto originario de Perú, que se adapta muy bien a la zona de Putre y sus alrededores. Pese a esto, existe un número reducido de agricultores que producen este fruto y lo hacen a baja escala. Según indicó el agente de Prodesal⁸ de la comuna de Putre, existe solamente una experiencia de cultivo de tumbo bajo invernadero en las cercanías de Putre (en la localidad de Lupica) la cual se ha desarrollado con buenos resultados. Este producto, categorizado como “gourmet”, presenta un alto potencial de desarrollo debido a sus características nutricionales (alto contenido de minerales y vitaminas), excelente adaptación a las condiciones edafoclimáticas de la zona, y alto precio de venta (hasta \$1.300/kg en el mercado mayorista de Arica), condiciones que lo sitúan como un cultivo atractivo para los productores.

2.1.2 Sistema de riego por goteo

El riego por goteo es un sistema de distribución de agua en un cultivo a baja presión y volumen, orientado principalmente a incrementar la eficiencia del uso del agua, la cual llega al 90% en comparación a un sistema tradicional por tendido que tiene una eficiencia de tan sólo un 30%⁹. Se distribuye conforme a los requerimientos de la planta, disminuyendo de este modo las pérdidas por evaporación y percolación. Un beneficio adicional asociado a este sistema es que -en comparación al riego tradicional- disminuye el riesgo de propagación de enfermedades y plagas para el cultivo, debido a la menor disponibilidad de agua en el suelo.

Los principales costos asociados a este sistema son las bombas, el sistema de filtración, el sistema de distribución, las cintas de goteo. Estos costos varían principalmente por el gasto de energía

⁷ INIA URURI llevó a cabo el proyecto “Rescate, Caracterización y Desarrollo de un Protocolo de Manejo Agronómico Mejorado para los Ecotipos Locales de Tumbo (*Passiflora mollisima*) y Locoto (*Capsicum pubescens*) de la Región de Arica y Parinacota”, ejecutado por INIA y financiado por el Fondo de Innovación para la competitividad (FIC) Región de Arica y Parinacota (2015).

⁸ Prodesal: Programa de Desarrollo Local.

⁹ Instituto de Desarrollo Agropecuario, 2010.

requerido para impulsar el agua, el caudal requerido para el sistema de riego, y la distancia entre las cintas laterales y el número de goteros por superficie.

Con el fin de minimizar los costos de inversión y operación, el sistema de riego por goteo debe estar diseñado para que el agua aplicada en el sistema tienda a ser igual a la demanda hídrica del cultivo. Las principales variables a considerar en el diseño de un sistema de riego por goteo, son la demanda hídrica del cultivo, la demanda atmosférica al interior del invernadero, la superficie de riego y la densidad de plantación, la topografía del terreno y la textura del suelo. Para el caso de esta propuesta se consideró un caudal de 12m^3 al día.

En la actualidad, el sistema de riego por goteo de baja presión (LPS por sus siglas en inglés) es uno de los más eficientes en cuanto al uso del agua.

En el Anexo 2 se muestran los principales componentes y sus características de un sistema de riego por goteo.

2.1.3 Sistema energético del invernadero y del riego tecnificado

El correcto funcionamiento del invernadero demanda dos principales formas de energía: electricidad y calor. En ambas formas de energía el sol podría intervenir adecuadamente reduciendo los costos de operación de la aplicación. Para el suministro de energía eléctrica, en este proyecto se propone el uso de paneles fotovoltaicos para suministrar la energía eléctrica demandada por el invernadero durante el día. En la noche, la energía eléctrica demandada por el invernadero sería suplida a través de la red eléctrica de Putre. Con este esquema, en caso de haber excedentes de energía fotovoltaica éstos se podrían inyectar al sistema de distribución bajo el concepto de net-billing. En caso de tener carencia de energía, la energía faltante sería suministrada mediante la red eléctrica de Putre para garantizar el correcto funcionamiento del invernadero. Como se puede apreciar, en esta aplicación no se requiere almacenamiento de energía eléctrica.

Para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico se consideraron los siguientes consumos de energía eléctrica:

- Bombeo de agua desde el sistema de canales de riego hacia el estanque de acumulación.
- Bombeo desde el estanque de acumulación hacia el sistema de riego en los invernaderos.
- Iluminación.
- Servicios complementarios (sistemas de control, conexión de maquinarias y demás dispositivos que permitan el adecuado trabajo de los operarios del invernadero).

Como base para la selección de las bombas se consideró un consumo diario de agua de 12 m^3 . A partir de este consumo de agua se seleccionó una bomba Pedrollo PQ3000, con capacidad nominal de 10 L/min y una demanda nominal de potencia eléctrica de $2,2\text{ kVA}$, para captar el agua de los canales de riego y llevarla al estanque de almacenamiento. Para llevar el agua desde el estanque de almacenamiento hasta el sistema de recirculación y riego tecnificado de cada uno de los

invernaderos fueron seleccionadas bombas Pedrollo PVM55, con capacidad nominal de 2 L/min y demanda nominal de potencia eléctrica de 0,18 kVA cada una.

Adicionalmente, se incluyó una máquina despalladora y calibradora de orégano. Esta máquina sería utilizada durante los meses en que no se tiene cosecha en el invernadero como un servicio complementario para la comunidad. Específicamente, la máquina operaría los meses de marzo y diciembre, todos los días en un turno de 8 horas (desde las 9:00 hasta las 17:00). La potencia demandada por la despalladora que se ha seleccionado en este proyecto es de 2 Hp, y como se puede observar tiene algún grado de sinergia con la radiación solar ya que su operación podría programarse de forma tal que se procese la mayor cantidad de orégano durante las horas de mayor radiación.

Finalmente, los servicios complementarios del invernadero fueron estimados como el 25% de la energía total requerida por los procesos anteriormente descritos. A partir de esta información, el sistema fotovoltaico que mejor se adecúa a los requerimientos del invernadero tiene una capacidad de 7 kW. Este sistema requiere una inversión inicial de USD \$28,000 y produce 15,262 kWh de energía al año de los cuales 1,689 kWh al año son inyectados a la red de distribución de Putre. Además, anualmente se compran a la red 22,520 kWh y se tiene un factor de planta para el sistema fotovoltaico del 24,89%. La Tabla siguiente presenta la cantidad de energía comprada e inyectada mensualmente a la red de distribución de Putre y el balance de costos por concepto de energía eléctrica.

Tabla 1 Balance mensual entre energía comprada y energía vendida, y costo neto de la energía mensual (1USD = 700CLP, 1kWh_red=155\$, 1kWh_PV=60CLP).

Mes	Energía Comprada [kWh]	Energía Vendida [kWh]	Costo Comprada [CLP]	Energía Ingreso Energía Vendida [CLP]	Costo Neto Energía [CLP]
Enero	1850,8	179,98	\$ 286.874	\$ 10.798,80	\$ 276.075,20
Febrero	1660,2	188,55	\$ 257.331	\$ 11.313	\$ 246.018
Marzo	2123,9	3.8316	\$ 329.204,5	\$ 229,90	\$ 328.974,6
Abril	1787,4	189,71	\$ 277.047	\$ 11.382,60	\$ 265.664,4
Mayo	1889,4	145,61	\$ 292.857	\$ 8.736,60	\$ 284.120,4
Junio	1838,7	108,74	\$ 284.998,5	\$ 6.524,40	\$ 278.474,1
Julio	1892,4	122,41	\$ 293.322	\$ 7.344,60	\$ 285.977,4
Agosto	1871	166,35	\$ 290.005	\$ 9.981	\$ 280.024
Septiembre	1781,2	198,58	\$ 276.086	\$ 11.914,8	\$ 264.171,2
Octubre	1838,5	207,64	\$ 284.967	\$ 12.458,4	\$ 272.509,1
Noviembre	1788,8	177,47	\$ 277.264	\$ 10.648,2	\$ 266.615,8
Diciembre	2197,8	0	\$ 340.659	\$ -	\$ 340.659
TOTAL	22520	1688,9	\$ 3.490.600	\$ 101.334	\$ 3.389.266

Para el incrementar la inercia térmica del invernadero y así reducir los costos por este concepto, se consideró el uso de muros de calefacción pasiva, también llamados muros Trombe. Este es un sistema de captación del calor generado por el sol, el cual es utilizado para calefaccionar una estructura física como en este caso un invernadero. Su funcionamiento consiste en que el calor del sol queda atrapado entre la pared del invernadero y el muro de masa térmica. Esto calienta el aire, lo que causa que este se eleve y debido a los espacios ubicados en las partes superior e inferior de la pared de masa térmica, recircula al interior del invernadero. Durante el verano este proceso se invierte, al cerrar los espacios de ventilación del muro que actúa absorbiendo el calor producido por el sol, impidiendo que aumente la temperatura al interior del invernadero.

El siguiente esquema muestra un sistema de calefacción pasiva mediante un muro de masa térmica:

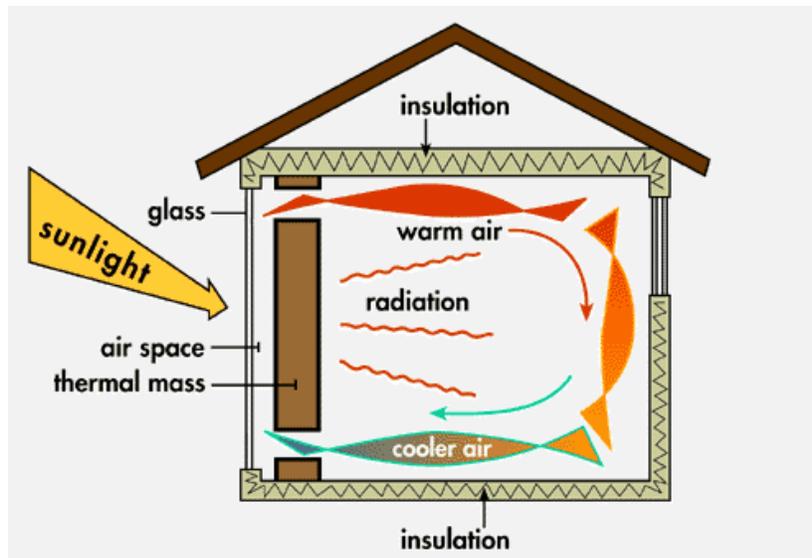


Figura 4: Sistema de calefacción pasiva mediante masa térmica. California Energy Comission. 2016. Disponible en: <http://www.energy.ca.gov/>.

Tomando en cuenta las bondades del muro Trombe se procedió a hacer un análisis térmico del invernadero. El objetivo de este análisis es dimensionar los equipos de refrigeración y calefacción necesarios para mantener las condiciones climáticas, al interior del invernadero, dentro de rangos adecuados para el crecimiento de las plantas. Para el análisis térmico de cada invernadero se tuvieron en cuenta los parámetros que se muestran en la Tabla siguiente. La Figura 5 presenta el comportamiento estimado de los consumos térmicos del invernadero. El valor negativo indica que se requiere refrigerar mientras que el positivo indica que no se debe refrigerar. Como se muestra en la Figura 5, esta aplicación requiere una capacidad máxima de refrigeración de 50,973 kW_t y mínima de 179 kW_t. Estos valores se deben a la alta radiación que hay en el lugar y al uso de muros Trombe como aislante térmico. Para lograr estos niveles de refrigeración se emplearán ventanas con apertura variable y eventualmente sistemas de ventilación forzada.

Tabla 2. Parámetros utilizados para el análisis térmico de los invernaderos.

Variable	Valor	Unidad
Área invernadero	500	m ²
Área captadora radiación	600	m ²
Temperatura óptima día - noche	9 - 14	°C
Humedad relativa óptima	85	%
Índice de Área Foliar	2	
Albedo tierra cultivo	0.2	
Razón área de cultivo	0.75	
Altura invernadero	3	m
Superficie desarrollada	782	m ²
Elevación nivel de mar	3560	M
Superficie ventilación	160	m ²
Velocidad viento interior	1	m/s

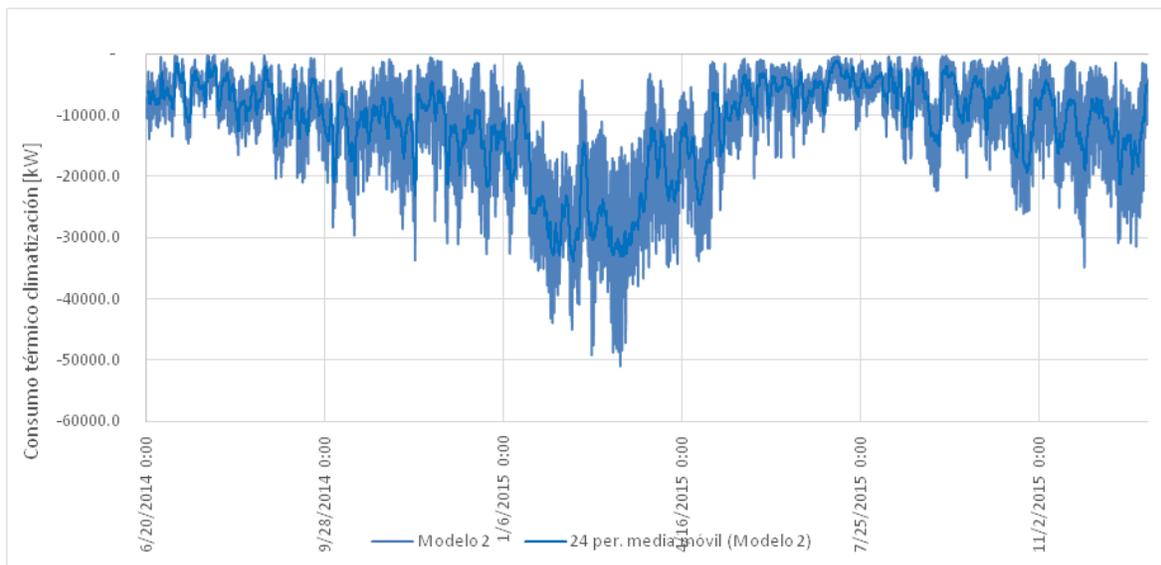


Figura 5: Comportamiento estimado de los consumos térmicos de cada invernadero.

Finalmente, se evaluará asimismo la incorporación de sistema de secado de productos agrícolas con uso directo de energía solar.

2.3 Evaluación de costos

En cuanto a la inversión requerida para la puesta en marcha del invernadero inteligente, esta alcanza la suma total de \$67.410.000. Los componentes que más aportan a esta suma corresponden a la construcción física del invernadero y cuyo monto es de \$20.000.000, al sistema de riego por goteo, que alcanza los \$7.290.000, los paneles fotovoltaicos que alcanzan los \$19.040.000 y el material vegetal (plantas) que alcanza los \$10.000.000 (ver tabla siguiente).

Tabla 3: Componentes de la inversión requerida antes de la puesta en marcha del invernadero solar.

INVERSIÓN			
ITEM	Precio Unitario en \$	Cantidad	Costo Total en \$
OBRAS (CONSTRUCCIÓN, HABILITACIÓN, AMPLIACIÓN REMODELACIÓN, ETC)			48.170.000
Invernaderos (8) (**)	2.500.000	8	20.000.000
Paneles fotovoltaicos para el invernadero	19.040.000	1	19.040.000
Preparación del suelo	700.000	0,4	280.000
Sistema de riego por goteo (*)	18.225.000	0,4	7.290.000
Estanque de acumulación de agua	1.560.000	1	1.560.000
EQUIPOS			1.740.000
Instrumentos (fumigación, balanzas, termómetros, herramientas menores)			1.740.000
ASESORÍAS PUESTA EN MARCHA (PERSONAL DISTINTO AL EQUIPO AYLLU SOLAR)	2.000.000	1	2.000.000
Asesorías especialidades			2.000.000
COSTOS DE TERRENO	2.500.000	1	2.500.000
Terreno para invernaderos			2.500.000
OTRAS INVERSIONES/GASTOS DE PUESTA EN MARCHA			13.000.000
Plantas/ bulbos/ semillas			10.000.000
Otros gastos (permisos, patentes, administrativos)			3.000.000
TOTAL DE COSTO DE INVERSIÓN			67.410.000

* Estimado en base a experiencia.

En términos unitarios y totales, el cultivo que genera los mayores ingresos son las varas de liliun, las cuales se venden a un precio aproximado de \$5.000 la caja de 10 varas; por ende, para la producción estimada de 367.200 varas en 6 invernaderos de 500 m², se estiman ingresos por \$183.600.000. Cabe señalar que la venta de este producto tiene un alto costo de flete, equivalente a \$2.000 por cada caja.

Por su parte, los ingresos por venta de locoto equivalen a \$1.668.392, que corresponden a la venta de 934 Kg. producidos en 1 invernadero de 500 m² de superficie, y cuyo precio es de aproximadamente de \$1.768 por Kg.

En último lugar, los ingresos del tumbo en fresco corresponden a \$1.229.100 que corresponden a 1.275 Kg. totales de fruta, producidos en 1 invernadero de 500 m², y cuyo precio se estimó en \$964 por Kg. (ver tabla siguiente).

Tabla 4: Estimación de los ingresos anuales en \$ CLP por venta de cada uno de los cultivos producidos en los 8 invernaderos, en los primeros cinco años de operación.

ÍTEM	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
Ventas anuales Producto 1: Liliium	0	183.600.000	183.600.000	183.600.000	183.600.000	183.600.000
Ventas anuales Producto 2: Tumbo	0	1.229.100	1.229.100	1.229.100	1.229.100	1.229.100
Ventas anuales Producto 3: Locoto		1.668.392	1.668.392	1.668.392	1.668.392	1.668.392
Total ingresos	0	186.497.492	186.497.492	186.497.492	186.497.492	186.497.492

En cuanto a los costos anuales asociados a la operación del invernadero inteligente, el componente más importante corresponde al transporte de las varas de liliium a sus mercados de destino¹⁰, el que en total alcanza los \$73.440.000. En segundo lugar, la mano de obra significa un costo anual cercano a los \$12.000.000. El total de los costos bordea los \$100 millones de pesos anuales.

Adicionalmente, se elaboró un flujo de caja con los ingresos y egresos producidos por el funcionamiento de los invernaderos y la venta de productos, a partir de los cuales se estimaron algunos indicadores económicos. Los ingresos netos del proyecto son del orden de los 86 millones de pesos anuales. Dichos resultados se muestran a continuación en las siguientes tablas:

Tabla 5: Resumen del flujo de caja en \$ CLP de los 5 primeros años de operación de los 8 invernaderos, posterior a la inversión inicial.

FLUJO DE CAJA						
ÍTEM	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
INGRESOS	0	186.497.492	186.497.492	186.497.492	186.497.492	186.497.492
COSTOS	0	-	-99.163.252	-99.670.402	-	-100.738.574
INVERSIÓN	67.410.000	0	0	0	0	0
VALOR DE RESCATE	0	0	0	0	0	24.335.000

¹⁰ Las flores producidas en Putre se venden principalmente en el mercado y floristerías de Arica.

FLUJO ANUAL CON VALOR DE RESCATE	-67.410.000	86.324.240	87.334.240	86.827.090	84.802.190	110.093.918
FLUJO ANUAL ACUMULADO	-67.410.000	18.914.240	106.248.480	193.075.570	277.877.759	387.971.677
FLUJO ANUAL SIN VALOR DE RESCATE	-67.410.000	86.324.240	87.334.240	86.827.090	84.802.190	85.758.918

Tabla 6: Indicadores económicos en \$CLP asociados al proyecto puro, para un horizonte de 5 años de operación.

INDICADORES ECONÓMICOS	
VALOR ACTUAL NETO CON INVERSIÓN (VAN con Inversión)	\$274.758.815
VALOR ACTUAL NETO SIN INVERSIÓN (VAN sin inversión ni valor de rescate)	\$327.058.695
VALOR ACTUAL DE COSTOS (VAC)	-\$447.323.530
TASA INTERNA DE RETORNO	127%
PERIODO DE RECUPERACIÓN DE INVERSIÓN	2

El proyecto presenta un VAN favorable (MM\$274,8 con cinco años de operación), lo cual además de la inversión inicial, le permite cubrir adecuadamente sus costos de operación y mantención.

La Tasa interna de retorno se presenta muy favorable (127%). Lo anterior, principalmente basado en la baja inversión inicial, la recuperación parte de inversión en el quinto año (valor de rescate) y los altos flujos de beneficios netos obtenidos.

Por los flujos presentados con alto ingreso respecto a los costos anuales, se recupera la inversión al segundo año.

Se observa la necesidad de contar con una capital de trabajo inicial, aproximado de MM\$100 al año 1. De concretarse la proyección de ventas, al final del año 1, que permitiría devolver este capital. Bajo este supuesto, se requeriría aproximadamente un capital de trabajo de unos MM17 el segundo año, los cuales se recuperarían con las ventas de ese año, para ser a partir de ese momento independiente de préstamos de capital de trabajo.

2.4 Análisis de impacto económico

Se definen precios de mercado a un supuesto optimista de producción máxima. No obstante, se hace un supuesto conservador sobre mantener los precios estimados de venta sin incrementos, por los cinco años de operación.

Considerando lo anterior, es posible estimar bajo un análisis de sensibilidad que la venta mínima promedio (o precios) puede bajar de un 100% estimado a un 61,14% recuperando aún la inversión

y financiando todos los costos de operación y mantención. Asimismo, si baja aún más las ventas, estas podrían incluso llegar a un 53,74% promedio, lo que permite cubrir la operación del negocio (descontando la inversión y el valor de recuperación de la inversión al quinto año).

La tabla siguiente muestra el flujo de capital si las ventas disminuyen al 70% respecto del caso base.

Tabla 7. Flujo de capital en \$CLP considerando una disminución de las ventas a un 70% respecto del caso base.

ÍTEM	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
INGRESOS	0	130.548.244	130.548.244	130.548.244	130.548.244	130.548.244
COSTOS	0	-100.173.252	-99.163.252	-99.670.402	-101.695.302	-100.738.574
INVERSIÓN	67.410.000	0	0	0	0	0
VALOR DE RESCATE	0	0	0	0	0	24.335.000
FLUJO ANUAL CON VALOR DE RESCATE	-67.410.000	30.374.992	31.384.992	30.877.842	28.852.942	54.144.670
FLUJO ANUAL ACUMULADO	-67.410.000	-37.035.008	-5.650.015	25.227.827	54.080.769	108.225.439
FLUJO ANUAL SIN VALOR DE RESCATE	-67.410.000	30.374.992	31.384.992	30.877.842	28.852.942	29.809.670

INDICADORES ECONÓMICOS

VALOR ACTUAL NETO CON INVERSIÓN (VAN con Inversión)	\$62.667.148
VALOR ACTUAL NETO SIN INVERSIÓN (VAN sin inversión ni valor de rescate)	\$114.967.027
VALOR ACTUAL DE COSTOS (VAC)	-\$447.323.530
TASA INTERNA DE RETORNO	39%
PERIODO DE RECUPERACIÓN DE INVERSIÓN	2

3 Diagnóstico socio-cultural

3.1 Descripción de aspectos relevantes de la comunidad

El diagnóstico socio-cultural focalizado se estructura a partir del análisis de seis dimensiones básicas, consideradas relevantes para reconocer una comunidad con condiciones de asumir y poner en marcha -de forma exitosa- un proceso de gestión colaborativa de aplicaciones solares con proyección en el largo plazo. Para identificar estas dimensiones, se definió que una *comunidad ideal* para implementar un proyecto de referencia es una comunidad que cuenta con las siguientes características: se encuentra cohesionada internamente, cuenta con liderazgos y organizaciones validadas por sus habitantes, se relaciona con otras comunidades cercanas y con organismos públicos y privados de la región, posee prácticas y experiencias de carácter colaborativo, cuenta con población joven y adulta activa, y cuenta con actividades productivas que presentan un potencial de desarrollo local y con la disposición de involucrarse en un proyecto en el largo plazo.

Desde esta perspectiva, las dimensiones abordadas en este apartado son: organización y cohesión social, relaciones con otros territorios, experiencias colaborativas anteriores y potencial de desarrollo productivo. La disposición a involucrarse en un proyecto a largo plazo se revisa en el análisis crítico del diagnóstico y las características demográficas fueron consideradas en la descripción general de la localidad.

3.1.1 Organización y cohesión social

La configuración cultural del territorio se encuentra influenciada por la relevancia histórica de la población Aymara en la localidad, lo cual es posible apreciar en la toponimia y el conjunto de mitos asociados al paisaje que han sido transmitidos oralmente y que responden a la cosmovisión propia del mundo Aymara. Así también, esta influencia cultural se expresa en las principales festividades de la localidad, en las cuales es posible observar una serie de tradiciones que son producto del sincretismo cultural de la evangelización católica con las prácticas de la población Aymara.

Un rasgo común en la población Aymara, es la relevancia que poseen los vínculos familiares, tanto a nivel productivo (en términos de formas de organización del trabajo, tratos comerciales, etc.) como a nivel social, en cuanto a la relación que sostienen los sujetos con los territorios en donde reside su linaje. Esto permite comprender la constante participación de la población que ha migrado de los poblados interiores a la ciudad, en las fiestas de sus localidades.

En este sentido, se debe considerar que la comunidad Aymara de Putre no solo corresponde a aquellos que residen de forma permanente en la localidad, sino que hay que considerar una porción significativa de personas que, aunque migradas definitivamente, siguen manteniendo derechos en

sus comunidades de origen. Por lo tanto, los campesinos residentes corresponden sólo a una fracción de los comuneros Aymaras, así como sus explotaciones son también una fracción del total de explotaciones agrícolas o pecuarias de la localidad.

En lo que refiere a las principales instancias de encuentro de la comunidad, se menciona que las fiestas tradicionales constituyen aquellas instancias que logran convocar no solo a las personas residentes sino también a sus familiares que viven en Arica. Entre estas fiestas se destacan: Fiesta de la virgen de Asunta, Cruces de mayo, Carnavales y Pachallampa (siembra de la papa).

En cuanto a las organizaciones sociales de Putre, a nivel productivo la principal organización es la delegación de aguas, la cual agrupa a los representantes de cada uno de los canales de regadío de la localidad. Sus funciones se orientan a la administración del recurso hídrico, fundamentalmente durante los periodos de escasez, y también es la encargada de convocar para las faenas de limpieza de los canales

A nivel de territorial, es posible identificar en Putre dos Juntas de Vecinos: la JJ.VV N°1 y la JJ.VV N°15. La primera es una de las organizaciones más antigua de la localidad, su actividad se orienta principalmente a la postulación de beneficios que otorgan los servicios públicos y a tratar demandas sociales que convocan a la comunidad, en donde su principal interlocutor es el municipio. La segunda organización, JJ.VV N°15, se constituyó en los primeros años de regreso a la democracia (años 90') con fines políticos, dado que los nuevo dirigentes democráticamente elegidos no compartían la misma tendencia política que los dirigentes anteriores. Esta nueva JJ.VV, estuvo integrada en sus comienzos por funcionarios de las fuerzas armadas (regimiento y carabineros) y funcionarios municipales. Actualmente su composición se ha diversificado (participan personas de la localidad) y su trabajo se ha vinculado principalmente al desarrollo de talleres productivos.

La comunidad indígena se formó en 1994 y es identificada como una de las organizaciones más activas de la localidad. Ella se dedica mayormente a "sacar proyectos" asociado al ámbito productivo (arreglo de canales), y también al mejoramiento de las viviendas (termos solares) vía Fondo de Protección Ambiental (FPA)¹¹. En cuanto a su funcionamiento, durante el año realizan cuatro reuniones regulares más reuniones extraordinarios por temas puntuales y cambian su directiva cada tres años. Cabe señalar que la comunidad indígena de Putre, a diferencia de la mayoría de las otras comunidades de la comuna, no es propietaria de tierras ni de acciones de agua.

Otra organización indígena de la localidad es la Asociación Indígena de Médicos Aymara la cual reúne a curanderos, matronas y yatiri (persona que se hace cargo de la parte espiritual), los que trabajan insertos en las instalaciones del servicio de salud pública de Putre. Actualmente cuentan con apoyo económico del ministerio de Salud y su presencia es valorada positivamente por la población que vive en la localidad.

¹¹ FPA: Fondo concursable del Ministerio del Medioambiente.

En la comunidad indígena, así como en la JJ.VV N°1 las decisiones se toman en reuniones, se conversan los temas y luego se vota. Para las elecciones de directiva, en primera instancia se establece un quórum de votación del 50% + 1 de los socios y en segunda instancia se valida con las personas que hayan.

Ante determinadas situaciones que convocan a todo el pueblo, ambas organizaciones -JJ.VV y Comunidad indígena- han trabajado en conjunto para presentar sus demandas a las autoridades, por ejemplo, ante el problema del cambio de médicos del servicio de salud y en oposición al proyecto minero Los Pumas. Sin embargo, salvo estas situaciones puntuales, las dos JJ.VV trabajan de forma completamente independientes.

También cabe mencionar, entre las organizaciones sociales activas de Putre, la presencia de un club deportivo, un club de adulto mayor y un comité de allegados. En el plano religioso, es posible identificar la presencia de 5 iglesias evangélicas y 1 católica que funcionan de forma regular.

En cuanto a los liderazgos, se menciona ciertas falencias asociadas a falta de formación de líderes, las cuales se expresarían al momento de plantear las demandas en instancias formales ante las autoridades, así como en la forma de posicionarse en dichos contextos. No obstante, se destacan a los consejeros ADI como voceros legítimos que logran plantear demandas locales a las autoridades.

Las principales instancias de participación en dinámicas organizativas corresponden a las reuniones que realizan las Juntas de vecinos y la comunidad indígena de forma regular. También se menciona que las reuniones convocadas por los servicios públicos, operan como espacios que logran reunir a un número significativo de personas, sin embargo, estas instancias suelen tener un carácter informativo asociado a la entrega de beneficios.

3.1.2 Relación con otros territorios

La localidad de Putre se sitúa junto a la ruta 11-CH que conecta la ciudad de Arica con el territorio boliviano, específicamente con la ruta que conduce a la ciudad de la Paz. En este contexto, Putre constituye el principal centro urbano dentro del territorio de frontera con Bolivia. Dada esta condición, es posible observar en la localidad una presencia significativa de población de origen extranjero (peruanos y bolivianos) y así también un flujo constante de camiones de carga¹² de origen boliviano¹³. Este flujo genera un impacto ambiental preocupante para la población local, debido a la práctica de arrojar basura al camino, la cual constituye una grave amenaza para la conservación

¹² De hecho el tema de los camiones representa uno de los mayores problemas en términos de la seguridad vial, ya que son estos vehículos de carga los que protagonizan el mayor número de accidentes de tránsito, en su mayoría por causa de exceso de velocidad y mal estado de los vehículos.

¹³ Cerca del 95% corresponde a patentes bolivianas debido al acuerdo de Libre Tránsito, establecido entre Bolivia y Chile en el Tratado de Paz y Amistad de 1904

del patrimonio natural, considerando que la ruta pasa por una zona que es considerada Reserva Mundial de la Biosfera (Lago Chungará)¹⁴.

A nivel comunal, Putre se posiciona como un centro urbano con buena conectividad vial, comunicaciones y servicios básicos (luz, agua y alcantarillado), condición bastante excepcional en comparación con las otras localidades de la comuna. Esta asimetría en las condiciones materiales genera cierto malestar por parte de las otras localidades de la comuna, las que se perciben a sí mismas como desfavorecidas por parte de los servicios públicos en comparación con Putre, sin embargo, más allá del relato de algunas personas, esta disposición no se observa expresada en otras dimensiones. De hecho, entre las distintas localidades existe una relación comercial constante con Putre. Además, es posible identificar algunos productores agrícolas-ganaderos de Putre que arriendan terrenos para el pastoreo del ganado del altiplano, o en algunos sectores de la precordillera para sus cultivos.

Ahora, a nivel de los dirigentes sociales, se identifica que no sostienen una vinculación permanente con dirigentes de otras localidades, ni han desarrollado un trabajo en conjunto en función de algún objetivo. Las instancias en las cuales se reúnen son de carácter ocasional y por lo general convocadas por los servicios públicos o los consejeros ADI¹⁵ (en el caso de las comunidades indígenas). Las directivas de las juntas de vecinos de la comuna por su parte se reúnen, una vez al año, convocados por la Unión Comunal en donde se elaboran demandas a nivel comunal.

En lo que refiere a la presencia de instituciones públicas en la localidad, es posible señalar que a nivel productivo el SAG¹⁶, INDAP y CONADI constituyen los principales servicios en Putre. Estas instituciones canalizan subsidios del estado para los productores agrícolas y ganaderos. En el caso de INDAP, se menciona que el profesional que llegó hace algunos años a cargo del PRODESAL, ha logrado entregar una serie de beneficios a los usuarios de dicha entidad y es altamente valorado por la comunidad tanto por su desempeño, así como por su buen trato con los usuarios. La CONADI por su parte, mediante el programa UMA¹⁷ ha brindado apoyo para proyectos de regadío a los agricultores que forman parte de la comunidad indígena.

Para las últimas elecciones comunales del 2012 se registraron a 7.028 inscritos¹⁸ y votaron 2.779 personas¹⁹, cifra que supera por más del doble a la población total de la comuna estimada para el año 2012 por el INE, que corresponde a 1.221 habitantes. Estas cifras permiten comprender la percepción manifestada por la mayoría de los entrevistados de que no tienen la posibilidad de elegir

¹⁴ Gobierno Regional de Arica y Parinacota. <http://bit.ly/1NC3qzH>.

¹⁵ ADI: Área de Desarrollo Indígena.

¹⁶ SAG: Servicio Agrícola y Ganadero.

¹⁷ UMA: Concurso de CONADI que financia proyectos de riego y drenaje.

¹⁸ SERVEL. Informe Inscripciones Vigentes por Comuna, Estadísticas del Padrón Electoral Definitivo 2012. <http://www.servel.cl/padron-electoral-por-ano-inscritos-vigentes-por-comuna-region-grupos-etareos-no-videntes-analfabetos-etc/>

¹⁹ SERVEL. Resultados definitivos Elección de Alcaldes y Concejales 2012. <http://www.servel.cl/resultados-definitivos-eleccion-de-alcaldes-2012/>

realmente a candidatos que representen sus intereses. Bajo este escenario, se articula un relato de malestar asociado al limitado o nulo nivel de injerencia de la población de la localidad y sus respectivas organizaciones sociales en las decisiones que afectan su territorio.

Paralelamente, la mayoría de las personas que trabajan en los servicios públicos provienen de Arica y trabajan en Putre solo entre martes y jueves, limitando las posibilidades de hacer trámites a esos días, lo que genera descontento en la comunidad.

3.1.3 Experiencias colaborativas anteriores

De modo general se logra evidenciar que, en Putre, de forma similar a otras localidades rurales del norte, antiguamente existió una mayor diversidad de instancias colaborativas que hoy en día. Esas instancias se concentraban en torno a los trabajos agrícolas y las fiestas religiosas, instancias que se han ido perdiendo progresivamente.

En este contexto, la “limpia de canales”, actividad comunitaria de origen ancestral en el mundo andino, emerge como una de las instancias colaborativas que aún permanece activa y que tiene un lugar importante en el discurso de los entrevistados. Las comunidades o delegaciones de agua (organizaciones locales de administración articuladas según cada canal de regadío y en función de los derechos consuetudinarios sobre las aguas de la cuenca), serían las organizaciones detrás de estas experiencias. Si bien se reconoce que es un trabajo que se distribuye de forma individual, es organizado colectivamente.

A través del relato de los entrevistados se evidencian una serie de experiencias colaborativas anteriores de carácter productivo, por lo general inconclusas o inactivas, entre las que destacan tres importantes asociaciones fallidas: una asociación de productores de leche de cabra y quesos, una asociación para la producción y venta de alfalfa y una asociación de artesanas. Se reconoce que por lo general ha existido una fuerte relación de dependencia/asistencialismo hacia instituciones externas como impulsores de estas experiencias, por lo que su retirada, una vez concluidos los programas, ha sido factor determinante de su desintegración. Por ejemplo, en el caso de la asociación de artesanas, que durante cinco años estuvo bajo el alero de Servicio País, comenzó a decaer cuando la institución dejó de trabajar con sus socias. Por otra parte, se reconoce que las diferencias generadas al interior de las asociaciones en términos de cantidad de trabajo, ganancias percibidas y manejo financiero, han devenido en la fracturación de este tipo de experiencias, como fue el caso de la asociación de productores de quesos.

Desde la visión de algunos servicios públicos, en muchos casos las formas de asociación que se han generado responden a una instrumentalización con la finalidad de acceso a fondos y beneficios, generando alianzas entre productores sólo durante las etapas de postulación. Si bien esto va en línea con el tipo de programas de apoyo estatales disponibles en la comuna, el problema es que las asociaciones no logran mantenerse operativas cuando se retira el apoyo de los servicios públicos.

En este sentido no se reconoce un historial sólido de experiencias colaborativas exitosas, se evidencian relaciones relativamente fracturadas y desconfianzas que quitan fuerza a este tipo de iniciativas y se observa que prima el trabajo de carácter individual o familiar, cruzado por instancias puntuales de colaboración asociadas principalmente al mantenimiento de la infraestructura para el agua de riego.

3.1.4 Potencial de desarrollo productivo

Se reconocen tres actividades productivas en la localidad: agricultura, turismo y ganadería. Mientras la agricultura y la ganadería han sido actividades productivas históricas y comunes a toda la precordillera andina, el turismo se ha perfilado, de forma reciente, en un nuevo nicho productivo aún emergente, ligado principalmente a los atractivos naturales del altiplano.

Al igual que en gran parte de los territorios rurales de la región, la actividad agropecuaria vive un importante proceso de disminución debido a emigración, envejecimiento y falta de ventajas competitivas. Esto se relaciona con el perfil campesino de la producción y la creciente presión sobre estas formas y cultivos tradicionales ejercida por el cambio progresivo en las condiciones ambientales locales por efectos de cambio climático, traducidas principalmente en disminución de la disponibilidad de agua y profundización de sequías y periodos lluviosos extremos. Sin embargo, actualmente existen algunas experiencias aisladas de innovación agrícola en torno al cultivo de flores, las que actualmente cuentan con un mercado definido en las grandes ciudades de la zona norte: Arica, Iquique, Antofagasta y Calama.

Se desprende de los relatos que si bien no existe una tendencia a la innovación por parte de los productores agropecuarios, cuando éstos tienen la oportunidad de observar que una innovación tiene buenos resultados se interesan en incorporarla, como ha sido el caso reciente de la floricultura. En este contexto, los funcionarios del INDAP provincial identifican productos con ciertas ventajas comparativas como el tumbo y el rocoto, los que serían posibles de ser incorporadas en la producción agrícola del sector.

En el caso de la ganadería, un factor decisivo en su actual disminución, no sólo en Putre sino en toda la precordillera de la región, es la falta de un matadero que permita la comercialización de la carne a nivel regional y nacional. Asimismo, la falta de condiciones mínimas necesarias para la producción certificada de productos lácteos, mantiene la producción de quesos de cabra a un nivel artesanal, permitiendo su comercialización sólo a nivel local, y en algunos casos en la ciudad Arica. En este sentido es que se releva la importancia que han tenido hasta el momento las exigencias por parte de la autoridad sanitaria, no concordantes con las condiciones rurales de la zona, como freno a la creación de emprendimientos locales en sectores que aún no cuentan con servicios básicos.

El turismo es visualizado como un nicho de gran potencial, que actualmente no se encuentra ampliamente desarrollado y sobre el cual no existen experiencias concretas de carácter asociativo

ni conformación gremial. Se reconoce que para su desarrollo se requieren esfuerzos colaborativos que hasta hoy no se han dado.

Actualmente, la mayor parte de la inversión turística existente es de parte de personas externas a la comunidad local, existiendo infraestructura hotelera y de servicios asociados a ésta (gastronomía y artesanía). Putre se perfila como un prestador de servicios básicos para un turismo que es gestionado de forma externa, por parte de empresas y agencias localizadas en Arica o bien en el extranjero, y que se especializan en explotar los atractivos naturales asociados al Parque Nacional Lauca y al altiplano en general.

3.2 Análisis crítico

A partir de las dimensiones descritas anteriormente es posible identificar algunos aspectos críticos –fortalezas y debilidades– que deben ser considerados para la posible implementación del proyecto de referencia en la localidad de Putre.

Dimensión	Fortalezas	Debilidades
Condiciones organizacionales y de tejido social para el involucramiento en el proyecto	La delegación de aguas es una organización de larga data que agrupa a la mayoría de los agricultores de la localidad. Si bien la delegación no posee mayor dinamismo en términos organizativos, puede operar como una plataforma de coordinación y difusión para el proyecto de referencia.	Existen tensiones internas en el tejido social derivado de los conflictos de intereses en torno a propiedad de la tierra.
Posibilidades de vinculación con otras localidades	Todo el sector de la precordillera comparte características climáticas y productivas y Putre opera como un nodo de convergencia para los productores de la comuna. Además, algunos productores de la localidad poseen cultivos en otras localidades.	Las condiciones materiales privilegiadas de Putre -en comparación con el resto de la comuna- generan ciertas reticencias en el discurso de dirigentes y organizaciones de otras localidades.
Experiencias para la gestión colectiva de proyectos	Se han desarrollado algunas experiencias de postulación a proyectos asociativos que funcionan mientras cuentan con apoyo externo.	Existen diversas experiencias de asociaciones fallidas que generan desconfianza en los procesos colaborativos asociados a emprendimientos productivos.
Condiciones de vinculación del	Existen experiencias de innovación productiva en la agricultura,	El despoblamiento, envejecimiento y decrecimiento

<p>sector productivo hacia aplicaciones solares</p>	<p>particularmente asociada al cultivo de flores, con un alto potencial de crecimiento.</p>	<p>de las actividades productivas tradicionales del territorio (agricultura y ganadería), estructuran un escenario desafiante para la vinculación productiva de las aplicaciones.</p>
<p>Condiciones de la localidad para la sustentabilidad del proyecto en el largo plazo</p>	<p>Hay bondades agroecológicas en la localidad que pueden ser explotadas, además su condición estratégica (capital provincial y comunal) le otorga características favorables en términos de la sustentabilidad del proyecto.</p>	<p>La disminución de la población económicamente activa, la ausencia de vías de comercialización y mercados consolidados y la falta de ventajas competitivas desarrolladas, pueden amenazar la sustentabilidad del proyecto.</p>

4 Formación de capital humano

4.1. Propuesta Formativa

La propuesta formativa del presente proyecto busca introducir sistemas solares en la producción agrícola, otorgando sistemas sustentables y tecnificados que permitan mejorar la competitividad y reducir las emisiones de CO₂ y otros gases contaminantes.

4.2. ¿Cuáles son las temáticas y actividades propuestas?

- a) **Centro Precordillerano de Agricultura Solar:** Para potenciar la replicabilidad de la construcción de invernaderos inteligentes con energía solar se propone implementar un Centro Precordillerano de Agricultura Solar. Este Centro estará compuesto por un invernadero experimental, en el cual se realizarán ensayos de cultivos en invernadero inteligente del proyecto de referencia, y se construirá un pequeño invernadero comparativo de malla rachel con el mismo cultivo, con el fin de lograr muestras reales comparativas entre la producción de liliun, locotos y tumbo en diferentes condiciones. En el Centro Precordillerano se realizarán días de campo para organizaciones sociales y la escuela de Putre. También se invitará al Microcentro de Escuelas Rurales de la comuna a participar de estas jornadas en donde se presentarán las diferentes aplicaciones solares que existen en el proyecto y el rol fundamental que cumplen en disminuir la huella de carbono y promover el cuidado del medio ambiente a través de la energía solar.
- b) **Formación de jóvenes profesionales:** El Centro pretende ser la plataforma de formación de jóvenes profesionales rurales, donde se ofrecerán prácticas remuneradas para las carreras relacionadas con la agricultura e ingeniería, como también para estudiantes del Liceo Técnico de Putre, quienes trabajarán directamente con las tecnologías del proyecto de referencia, conocimiento que les será de utilidad para reactivar el invernadero del Liceo Técnico.
- c) **Formación de agricultores y promoción de la energía solar:** Para la formación de agricultores el Centro dispondrá de las instalaciones para realizar jornadas de capacitación y demostración del funcionamiento de la energía solar, además de las diferentes aplicaciones en la agricultura como las bombas solares, muestra de cerco eléctrico para evitar el tránsito del ganado a predios vecinos, la construcción de una caja trombe de forma de comprender los principios de este pasivo solar y poder implementarlo en sus viviendas o invernaderos y, concientizar sobre la huella de carbono. En esta instancia también se mostrará los resultados de los ensayos y el seguimiento realizado por los estudiantes en cuanto a rendimiento productivo, producción sustentable, modelos de gestión, entre otros. En estas actividades se invitará a participar a los usuarios de Putre pertenecientes a INDAP y PRODESAL (que ya han recibido capacitaciones sobre el cultivo de flores), quienes podrán verificar in situ la mejora de la producción en términos de rendimiento y costos asociados a la electricidad y mano de obra, además de reconocer el valor agregado dada la sustentabilidad de su producción.

- d) **Participación en instancias de difusión:** Para difundir el proyecto a lo largo de la comuna y promover la energía solar como una herramienta revitalizadora para la agricultura, las personas de la comunidad de Putre vinculadas al proyecto de referencia, mostrarán en la Expo Socoroma los productos agrícolas obtenidos gracias a la energía del sol en los invernaderos, donde se proporcionarán folletos informativos sobre el invernadero inteligente y las mini-tecnologías solares que lo componen.

4.3 Comentarios finales sección formación de capital humano

Actualmente los principales problemas que la agricultura debe enfrentar, es el envejecimiento de los productores y la competitividad de su producción. Involucrar a los jóvenes para lograr superar estos obstáculos es uno de los desafíos de este proyecto, contemplándose como estrategia hacer de la agricultura una actividad productiva atractiva a través de su tecnificación y uso de energías renovables para mejorar su competitividad.

Se propone, a futuro, generar alianzas con los programas de huertos urbanos y alimentación de calidad con pertinencia territorial para las escuelas, de Fosis²⁰ y Junaeb²¹, utilizando el Centro Precordillerano para el desarrollo de actividades de formación en energía solar para la agricultura.

4.3 Costos en formación de capital humano

PROPUESTA GENÉRICA	Costos (CLP)	Costos (USD)
Fomento a la cultura energética	10.000.000	14.706
Diseño y ejecución de capacitaciones	14.000.000	20.588
Capacitación de líderes	36.000.000	52.941
TOTAL	60.000.000	88.235

PROPUESTA PROYECTO PUTRE	Costos (CLP)	Costos (USD)
Invernadero rachel comparativo	5.000.000	7.353
Prácticas remuneradas	4.000.000	5.882
Trabajo con escuelas y microcentros rurales	6.000.000	8.824
Actividades usuarios Indap y Prodesal	4.000.000	5.882
Participación en Expo Socoroma	2.000.000	2.941
Viajes y traslados locales	2.000.000	2.941
Material audiovisual y folletos	4.000.000	5.882
Honorarios otros profesionales (técnicos de seguimiento+agronomo)	5.000.000	7.353
TOTAL	32.000.000	47.059

TOTAL FORMACIÓN DE CAPITAL HUMANO	92.000.000	135.294
--	-------------------	----------------

²⁰ Fosis: Fondo de Solidaridad e Inversión Social.

²¹ JUNAEB: Junta Nacional de Auxilio Escolar y Becas.

5 Conclusiones generales

- Putre es un nodo estratégico de la precordillera de la región de Arica y Parinacota, que además se posiciona como una importante plataforma de servicios para el desarrollo del turismo en la región. En este contexto, implementar un proyecto de referencia en esta localidad, se visualiza como oportunidad para difundir las posibilidades que entregan las aplicaciones solares para el desarrollo productivo del sector.
- Los resultados económicos muestran que la propuesta requiere una moderada inversión (\$67 millones) cuyos principales gastos corresponden los invernaderos y los paneles. Los flujos presentados con alto ingreso respecto a los costos anuales, permiten que se recupere la inversión al segundo año. Los ingresos netos anuales son del orden de los \$86 millones de pesos.
- El análisis de sensibilidad muestra que la venta mínima promedio (o precios) puede bajar de un 100% estimado a un 61,14% recuperando aún la inversión y financiando todos los costos de operación y mantención. Así mismo, si bajan aún más las ventas, estas podrían incluso llegar a un 53,74% promedio, lo que permite cubrir la operación del negocio.
- El proyecto puede ser escalado fácilmente a través de un aumento en el número de invernaderos, lo que a su vez tendría el efecto positivo de contribuir con energía solar eléctrica a la localidad. Ello podría requerir de la incorporación de un sistema de almacenamiento de energía eléctrica para estabilizar los efectos en la red y entregar mayor flexibilidad.
- Como una manera de aprovechar al máximo la energía generada por los paneles de los invernaderos, se propone que durante los períodos de menor actividad agrícola, específicamente después de la cosecha, la energía generada por los invernaderos que pueda ser utilizada para el funcionamiento de una máquina despalilladora de orégano, cultivo extendido en la zona y cuyas labores se realizan actualmente de manera tradicional.
- Adicionalmente a las alternativas de invernadero solar planteadas en este informe, se propone considerar como parte complementaria a la propuesta la construcción de un secador solar con circulación de aire para elaborar locoto deshidratado. En este sentido, existe interés de la GIZ²² de colaborar en una alternativa de este tipo, como también la iniciativa de secadores solares de productos agrícolas desarrollada por la UTFSM²³ por el equipo del profesor Jaime Espinoza. Para mayor detalle ver anexo.

²² GIZ: Agencia Alemana de Cooperación Internacional.

²³ UTFSM: Universidad Técnica Federico Santa María.

- Es posible identificar elementos claves para desarrollar la presente propuesta, por ejemplo, la aceptación de innovaciones productivas y las bondades agroecológicas del territorio. Asimismo, las organizaciones de usuarios de agua, las tradiciones que aún se mantienen y la capacidad de organizarse colectivamente frente algunas amenazas puntuales, podrían facilitar la implementación de una coordinación de diferentes actores para el desarrollo de un proyecto de referencia.
- Por otra parte, también es posible identificar elementos críticos que se transforman en un desafío para la implementación de un proyecto. Aquí, la disminución de la población económicamente activa, los problemas de legitimidad de las autoridades y la desconfianza frente a experiencias productivas asociativas, serán importantes aspectos a considerar para el desarrollo de un proyecto exitoso y sustentable.
- Finalmente, como parte del proyecto se buscará identificar si esta iniciativa puede constituirse en una forma de revitalización de las tradicionales terrazas de cultivo utilizadas ampliamente en la zona desde tiempos ancestrales. La pertinencia de esto no es clara por lo que amerita un estudio detallado desde el punto de vista social, ambiental y técnico.

6 Referencias

Alvear, S., & Rodríguez, P. (2006). *Estimación del Costo por Kilómetro y de los Márgenes de una empresa de transporte de carga, industria agrícola, Región del Maule, Chile.*

Ariza, J. (Universidad Politécnica de Madrid). *Utilización de un secadero solar en el proceso de deshidratación de papaya (carica papaya).*

Bustos, F. (2006). *Análisis comparativo de la producción y rentabilidad de tulipán (Tulipa sp.) y liliom (Lilium sp.) en Chile y Holanda: Estudio de casos.*

Chahín, M. (2006). *Cultivo del liliom.*

Coca, M. (2012). *Control de principales enfermedades del locoto (Capsicum pubescens).*

Fernández, O. (s.f.). *Técnicas de propagación y mejoramiento del cultivo del tumbo (Passiflora mollissima, L) en Tarata.*

Fundación para la Innovación Agraria. (2007). *Producción de flores cortadas, V Región.*

Herreros, L. (s.f.). *Cultivo del liliom (Azucena híbrida).* Madrid.

Huarachi, R. (2008). *Caracterización y Evaluación de 16 Ecotipos de Locoto (Capsicum pubescens L.) en el Valle Bajo de Cochabamba.*

Ilustre Municipalidad de Putre. (2008). *Plan de desarrollo comunal Putre 2008 - 2012.*

International flower bulb center. (s.f.). *Producción bulbos de flor/ Lilioms.*

Ocampo, O. (2014). *El cultivo de curuba larga (Passiflora mollissima) en el departamento de Antioquia, y su manejo agronómico en la vereda Yarumal del municipio de Sonsón.*

Uribe, F., Subiabre, H., & Calle, I. (2011). *Cultivo de tumbo en la pre cordillera de Putre.*

USDA. (2011). *Solar energy use in U.S. agriculture overview and policy issues.*

En la elaboración de este documento participaron las siguientes personas:

Contribuciones técnicas: Anahí Urquiza, Andrés Marconi, Carla Lanyon, Chantall Huerta, Diego Irizarri, Felipe Fernández, Felipe Valencia, Francisca Herrera, Gonzalo León, Jorge Reyes, Karen Ubilla, Marcia Montedonico, Miguel Salas, Óscar Barahona, Patricio Mendoza, René Rosati, Roberto Román (Q.E.P.D), Rodrigo Palma, Tania Correa.

Edición y revisión final: Gonzalo León, Hugo Lienqueo, Priscila Duarte, Stavros Kukulis.

Email de contacto contacto@ayllusolar.cl

7 Anexos

Anexo 1: Componentes invernadero solar

La siguiente figura muestra un sistema de ventilación de invernadero:

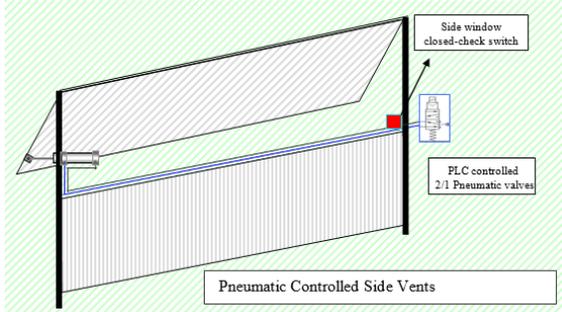


Figura 1: Aberturas laterales controladas neumáticamente.

Anexo 2: Riego por goteo

El siguiente esquema muestra los principales componentes de un sistema de riego por goteo:

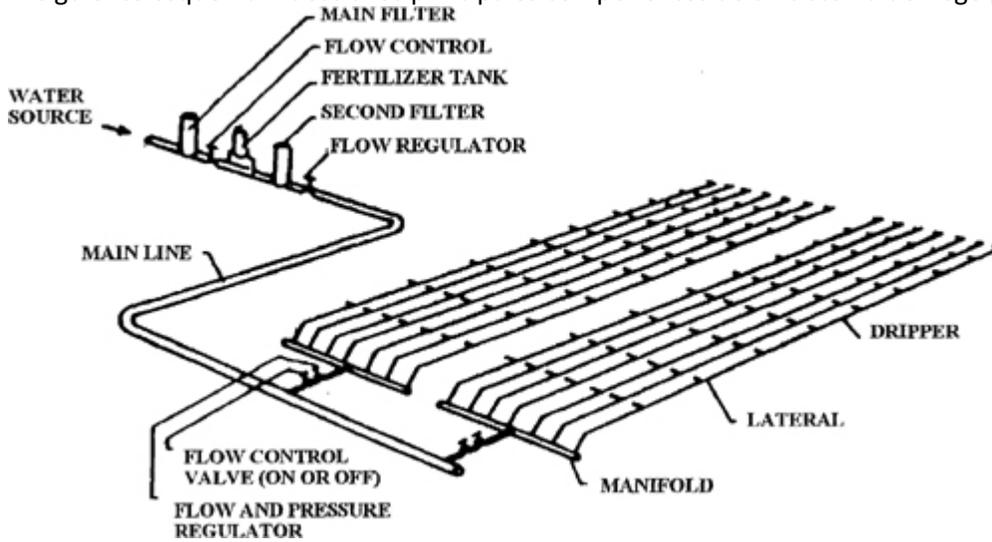


Figura 2: Esquema general de un sistema de riego por goteo

Tabla: Principales componentes y sus características de un sistema de riego por goteo.

Unidad	Elementos y características
Unidad de impulsión de agua	Deben considerarse dos sistemas: uno para la conducción de agua desde la fuente al estanque, y un segundo que impulse el sistema de goteo.
Unidad de filtrado	Pueden ser instalaciones de pre filtrado como decantadores o separadores de arena, o filtros. Su elección depende del tamaño de los goteros, el caudal de riego y del contenido de impurezas del agua.
Unidad de fertilización	Existen cuatro tipos principales de sistemas de fertilización: <ul style="list-style-type: none"> • Inyector tipo Venturi. • Tanque de fertilización. • Bomba de inyección hidráulica. • Bomba de inyección eléctrica.
Elementos de programación y control de flujo	Programadores: Permiten regular el funcionamiento del sistema. Estos varían en cuanto al nivel de automatización, transmisión de datos y número de terminales que pueden controlar.
Regulación y control de flujo	Se colocan válvulas en línea con las tuberías de distribución de agua para controlar el caudal y la presión del sistema. Estas pueden ser eléctricas, volumétricas automáticas o de retención.
Red de conducción y distribución	Los principales componentes de la red son las cintas de goteo, las tuberías de goteo con emisores interlíneas y las mangueras con emisores a presión. Estas varían en diámetro y grosor conforme a los requerimientos del sistema.
Emisores	Existen de varios modelos conforme al caudal y la carga hidráulica del sistema, dentro de los cuales se encuentran: <ul style="list-style-type: none"> • Autocompensados (2 – 4 L/h. a 1 Bar) • Gotero pinchado cónico (3,6 L/h. a 1 Bar) • Gotero inundador regulable (0 – 60 L/h. a 1 Bar) • Piqueta inundador (0 – 60 L/h. a 1 Bar) • Gotero interlínea (2 – 4 L/h. a 1 Bar)

Anexo 3: Secador solar para locoto

Con el fin de deshidratar el locoto fresco, este equipo genera aire caliente que es accionado por un ventilador, el cual se desplaza a través de bandejas paralelas donde se encuentra el fruto, deshidratándolo. A su vez, el aire con mayor contenido de humedad producido se desplaza con el mismo impulso del ventilador hacia una compuerta de salida, la cual puede ser regulada para recircular el aire al interior de la cámara, conforme al contenido de agua producido por el ciclo de secado, a fin de aprovechar de mejor manera la energía calorífica producida por el sistema. El equipo de secado que opera con fuente de energía fotovoltaica, cuenta con los siguientes elementos: 1. Una entrada de aire desde el exterior; 2. Una cámara de calentamiento de aire; 3. Una entrada para el aire caliente; 4. Bandejas donde se coloca la fruta; 5. Una salida para el aire con mayor contenido de humedad; 6. Compuerta de salida de aire húmedo. La **Error! Reference source not found.** muestra un esquema general del equipo.

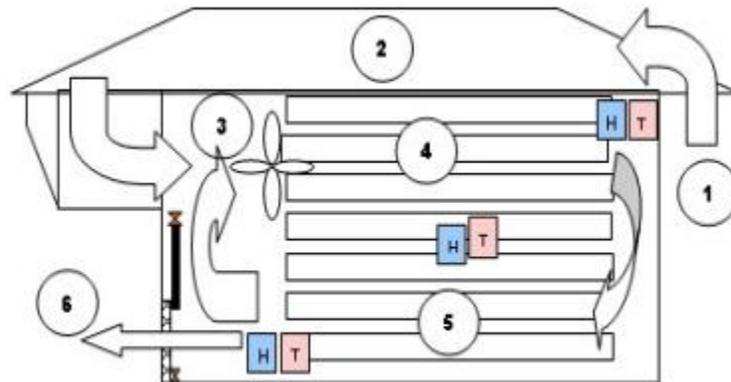


Figura 3: Principales componentes de un deshidratador solar fotovoltaico para frutos. H: Sensores de humedad. T: Sensores de temperatura. FUENTE: Ariza, J. Tatiana, H. Utilización de un secadero solar en el proceso de deshidratación de papaya (*carica papaya*). Universidad Politécnica de Madrid.

Anexo 4: Máquina despalilladora y calibradora de orégano

En adición a la aplicación del invernadero solar inteligente propuesta, se propone evaluar en etapas posteriores la implementación de una máquina despalilladora y una calibradora para orégano, la cual podría ser impulsada con el excedente de energía eléctrica proveniente de sistema fotovoltaico en períodos de menor demanda. Los bulbos del liliium se plantan entre los meses de agosto y noviembre, y las fechas de corte de varas ocurren entre noviembre y febrero, por lo que entre los meses de marzo y julio existe una notoria baja en la demanda de energía en este cultivo utilizada para impulsar el sistema de riego. Dado que el liliium es el que cuenta con mayor superficie de los 8 invernaderos (3000 m² de un total de 4000 m²), en el período señalado se puede disponer de una importante cantidad de energía de fuente solar, la cual puede ser aprovechada en procesos como el despalillado y calibrado mecanizado de orégano, que es uno de los cultivos más importantes y característicos de la zona, por lo que la implementación de estas tecnologías aportarían un servicio altamente beneficioso para la comunidad, y que en la actualidad es inexistente. A modo de muestra, se señalan un modelo para tipo de máquinas que pueden encontrarse en el mercado actualmente:



Figura 4: Equipo de despalillado y clasificación de orégano con motor eléctrico de 5 HP. Rendimiento de 80 kg de orégano limpio por hora. Marca VDH, Argentina. Disponible en: http://www.vdhmaquinas.com.ar/index.php?option=com_content&view=article&id=14&Itemid=12