



INFORME FINAL

**Servicios para la realización de la
Consultoría para elaboración de la Hoja de
Ruta para “Plan de desarrollo de
laboratorio para agricultura del desierto
Macrozona Norte”**

infyde iD

Octubre 2020

Índice

| | |
|---|------------|
| RESUMEN EJECUTIVO..... | 1 |
| I. SITUACIÓN ACTUAL Y ANÁLISIS DE PROSPECTIVA DE LA AGRICULTURA DEL DESIERTO | 5 |
| I.1/ LA AGRICULTURA DEL DESIERTO A NIVEL MUNDIAL. SITUACIÓN ACTUAL Y ANÁLISIS DE PROSPECTIVA | 6 |
| 1.1/ TENDENCIAS TECNOLÓGICAS Y DE I+D+I..... | 8 |
| 1.2/ TENDENCIAS PRODUCTIVAS | 28 |
| 1.3/ TENDENCIAS NO TECNOLÓGICAS EN EL ÁMBITO DE LA FORMACIÓN Y LA INVESTIGACIÓN..... | 30 |
| 1.4/ FINANCIACIÓN DE LAS INICIATIVAS | 32 |
| I.2/ LA AGRICULTURA DEL DESIERTO EN CHILE..... | 39 |
| 2.1/ DESARROLLOS FRONTERA EN CHILE | 39 |
| <i>2.1.1/ Tendencias tecnológicas y de I+D+i</i> | <i>40</i> |
| <i>2.1.2/ Tendencias productivas</i> | <i>49</i> |
| <i>2.1.3/ Tendencias no tecnológicas en el ámbito de la formación y la investigación</i> | <i>53</i> |
| 2.2/ DIAGNÓSTICO DE LA AGRICULTURA DEL DESIERTO EN LA MACROZONA NORTE..... | 60 |
| <i>2.2.1/ Contextualización de la agricultura en la macrozona norte y de las regiones del estudio</i> | <i>60</i> |
| <i>2.2.2/ Caracterización de la Agricultura del Desierto en Tarapacá y Antofagasta</i> | <i>75</i> |
| 2.3/ ANÁLISIS FODA..... | 103 |
| I.3/ CARACTERIZACIÓN DE ACTORES Y ACTIVOS DE LA AGRICULTURA DEL DESIERTO | 106 |
| 3.1/ MAPA DE ACTORES SECTORIALES RELEVANTES | 106 |
| 3.2/ MAPA DE ACTIVOS SECTORIALES RELEVANTES..... | 109 |
| II. HOJA DE RUTA PARA EL LABORATORIO NATURAL PARA LA AGRICULTURA EN EL DESIERTO DE LA MACROZONA NORTE..... | 112 |
| II.1/ LA IMPORTANCIA DE LA HOJA DE RUTA PARA EL LABORATORIO AGRÍCOLA | 113 |
| II.2/ METODOLOGÍA PARA LA HOJA DE RUTA | 114 |

| | |
|---|------------|
| II.3/ ESTRUCTURA DE LA HOJA DE RUTA | 116 |
| II.4/ OBJETIVOS ESTRATÉGICOS, VISIÓN, MISIÓN Y VALORES | 118 |
| II.5/ FOCO ESTRATÉGICO..... | 122 |
| II.6/ BRECHAS, DESAFÍOS Y OPORTUNIDADES..... | 126 |
| 6.1/ PRIORIZACIÓN DE LAS BRECHAS | 127 |
| 6.2/ CLASIFICACIÓN DE LAS BRECHAS | 128 |
| 6.3/ DESAFÍOS Y OPORTUNIDADES..... | 130 |
| II.7/ LÍNEAS DE ACCIÓN..... | 133 |
| II.8/ PROYECTOS | 150 |
| II.9/ PLAN DE SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN..... | 157 |
| 9.1/ INDICADORES DE IMPACTO | 157 |
| 9.2/ INDICADORES DE RESULTADO..... | 159 |
| II.10/ GOBERNANZA..... | 161 |
| | |
| III. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 163 |
| III.1/ CONCLUSIONES | 164 |
| III.2/ RECOMENDACIONES | 165 |

RESUMEN EJECUTIVO

El proceso de **elaboración de la Hoja de Ruta** para “Plan de desarrollo de laboratorio para agricultura del desierto Macrozona Norte” se ha estructurado en tres apartados, en función de las etapas que han sido desarrolladas para la elaboración de la Hoja de Ruta: Situación actual y análisis de prospectiva de la agricultura del desierto, Hoja de Ruta para el laboratorio natural para la agricultura en el desierto de la macrozona norte y Conclusiones y recomendaciones.

En el primer epígrafe, “**Situación actual y análisis de prospectiva de la agricultura del desierto**”, se examina la **situación actual y las tendencias** de futuro relacionadas con la agricultura en zonas áridas. Este análisis se realiza a tres niveles, **internacional, nacional y en el área de estudio, es decir, las regiones de Tarapacá y Antofagasta**, e incluye un análisis de tendencias tecnológicas y de I+D+I, tendencias productivas y tendencias no tecnológicas, a nivel internacional y nacional, y una contextualización y caracterización de la agricultura de Tarapacá y Antofagasta, incluyendo el análisis FODA y el mapa de actores.

En cuanto a la agricultura del desierto a nivel internacional, el proceso del cambio climático ha hecho aumentar la superficie de cultivo en zonas áridas, por lo que en la actualidad, **aproximadamente la mitad de las tierras de cultivo mundiales son áridas o semiáridas**, y los estudios climáticos actuales parecen indicar que **esto podría incrementarse**.

Esto **ha provocado el desarrollo de capacidades para la mejora de la agricultura en estas zonas**, contando con el apoyo de gobiernos, empresas privadas e instituciones a nivel internacional. Un ejemplo de este desarrollo son países como Israel, España o Australia, entre otros, quienes han tenido que **reinventar su agricultura** para poder cultivar y producir alimentos en ella, a través de **nuevas tecnologías, técnicas de riego, manejos innovadores o especies adaptadas a las condiciones climáticas**, entre otras técnicas.

En cuanto a **Chile**, el cambio climático y la desertificación están provocando un **aumento de las zonas áridas y desérticas**. Esto ha llevado al país a **investigar e innovar en nuevas técnicas** para producir productos hortofrutícolas, solucionado los diversos problemas: estrés y escasez hídrica,

calidad del agua de riego, altas temperaturas y fuertes oscilaciones térmicas, alta irradiación, suelos salinos, altos niveles de boro, fuertes vientos, plagas o baja humedad relativa, entre otros. Esta nueva tecnología que se desarrolle y que se adapte a las condiciones del país **permitirá aumentar el rendimiento de los cultivos y optimizar los recursos**, permitiendo el desarrollo eficiente de la agricultura.

La **agricultura del desierto se sitúa en la Macrozona Norte** de Chile. Esta **se caracteriza por su clima seco y desértico** y comprende las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá, Antofagasta, Atacama y Coquimbo. Esta zona representa, aproximadamente, un 40% de la superficie total de Chile. Las **características climatológicas y geográficas** de esta macro región le otorgan **muchas posibilidades en términos de investigación, innovación y desarrollo**, de ahí que haya sido identificada como **Laboratorio Natural**.

Sin embargo, a pesar de la similitud de sus características, el desarrollo agrícola ha sufrido una evolución muy distinta en las regiones, debido a factores de suelo, hídricos, productivos o culturales, entre otros.

En los casos de las regiones de **Tarapacá y Antofagasta**, la agricultura representa una **parte muy pequeña de la economía**, y se caracteriza por un predominio de la **agricultura familiar campesina** desarrollada a través de **métodos tradicionales** vinculados a las culturas indígenas que habitan estas tierras, sobre todo las zonas de interior.

Durante los últimos años, esta agricultura está sufriendo un **lento proceso de transformación y modernización**, principalmente en la zona costera de la Región de Antofagasta y en la zona de la Pampa del Tamarugal, adaptando manejos y tecnologías que favorecen el desarrollo de cultivos en estas zonas áridas.

Para la caracterización de estas dos regiones se ha realizado un **análisis de los 12 aspectos clave para construir el laboratorio natural y alcanzar los objetivos de desarrollo de la agricultura del desierto**: las infraestructuras públicas, el marco legal, la normativa y la regulación, el recurso Hídrico, la energía y las fuentes energéticas, el suelo y la tierra, los agricultores del Desierto, el manejo y equipamiento adaptado al Desierto, las variedades hortofrutícolas, los problemas sanitarios, la capacitación y transferencia

tecnológicas, el encadenamiento productivo y comercialización y, finalmente, la hibridación con otros sectores.

En el segundo epígrafe, se construye la **Hoja de Ruta para el Laboratorio Natural para la Agricultura en el Desierto de la Macrozona Norte**, siguiendo la lógica del concepto de laboratorio natural, es decir, aquellas zonas con condiciones únicas para el desarrollo e investigación.

Frente a los retos a los que se enfrenta la agricultura en zonas áridas, sumados a los retos específicos de la agricultura de la Macrozona Norte, la **Hoja de Ruta será la herramienta** que permita establecer la secuencia de etapas **para superarlos y alcanzar los objetivos y la visión 2030**.

Para ello, la Hoja de Ruta parte del **diagnóstico actual**, pues para ser eficiente necesita adecuarse a la realidad regional de la Macrozona Norte de Chile, pretende alcanzar una **meta para el año 2030**, representada a través de la **visión**, la **misión**, los **valores** y los **objetivos estratégicos**. Estos elementos fueron definidos y contrastados a través del trabajo de campo, que ha estado compuesto por más de 75 entrevistas personales, así como distintos talleres de trabajo.

La visión del laboratorio es “desarrollar la agricultura del desierto en la Macrozona Norte, mejorando la calidad de vida de los agricultores y habitantes, aumentando la producción y desarrollando tecnologías y conocimientos para el desarrollo de la agricultura del desierto para hacer frente a los retos y desafíos locales y mundiales, convirtiéndose en una zona de referencia para la agricultura en zonas áridas a nivel nacional e internacional”

Para llegar del punto de partida al horizonte establecido, se identifican las **brechas, desafíos y oportunidades**, así como la identificación de los focos estratégicos a partir de los cuales se desarrollarán **las líneas de actuación y los proyectos concretos**.

Los **focos estratégicos** definidos han sido 6: Coordinación, asociatividad y relaciones institucionales; Infraestructuras habilitantes; Productividad y tecnificación agrícola; Capacitación y formación; Comercialización y marketing y; Investigación, desarrollo, innovación y transferencia tecnológica.

Ha partir de estos 6 focos se han desarrollado 43 líneas de acción, las cuales serán la respuesta en forma de proyectos o iniciativas que el laboratorio del desierto debe **emprender para ir superando los desafíos y aprovechando las oportunidades que ofrece la agricultura del desierto.**

Para facilitar la puesta en marcha del laboratorio, se han propuesto **6 proyectos** para su ejecución en el corto y medio plazo. Estos proyectos tienen como objetivo **dar continuidad temporal a esta iniciativa** de la elaboración de la Hoja de Ruta para el Laboratorio Natural para la Agricultura en el Desierto, para que no haya un parón que desincentive la alta involucración demostrada por los actores que representan al rubro durante la elaboración de la Hoja de Ruta.

Esta propuesta está compuesta por una combinación de proyectos: proyectos en marcha que ya cuentan con financiación; proyectos propuestos por esta iniciativa, y; proyectos que están detenidos por la situación vivida por Chile en el último año y que se considera importante retomar para avanzar con la agricultura del desierto.

Finalmente, y para poder formalizar el laboratorio y exigir del mismo continuidad en el tiempo y eficiencia en la puesta en marcha y ejecución de la Hoja de Ruta, se define la **gobernanza** y **el plan de seguimiento y evaluación.**

I. SITUACIÓN ACTUAL Y ANÁLISIS DE PROSPECTIVA DE LA AGRICULTURA DEL DESIERTO

I.1/ LA AGRICULTURA DEL DESIERTO A NIVEL MUNDIAL. SITUACIÓN ACTUAL Y ANÁLISIS DE PROSPECTIVA

Se puede definir la **agricultura del desierto**, como aquella **agricultura que se da en lugares áridos o semiáridos**, y que normalmente se caracterizan por ser **terrenos poco fértiles** y con muchas **limitaciones para conseguir recursos hídricos** para el riego.

En la actualidad, **aproximadamente la mitad de las tierras de cultivo mundiales son áridas o semiáridas**, y los estudios climáticos actuales parecen indicar que **esto podría incrementarse** como consecuencia del descenso de precipitaciones y aumento de temperaturas provocados por el cambio climático. Esta ya supone un sector esencial para muchas regiones del mundo como Chile, Israel, España, Perú, Australia, China, EE. UU., India, México y gran parte de los países de África y el Golfo Pérsico.

Por todo ello, el desarrollo de la **agricultura** en estas zonas cobra una importancia trascendental, tanto para el **desarrollo de la economía local** como para adaptar durante los próximos años la agricultura de las zonas que están en proceso de desertificación de sus tierras. Por todo ello, los gobiernos de todos estos países y las instituciones mundiales llevan años aumentando los recursos que permitan mejorar la economía del desierto a través de la tecnología y la innovación.

Dentro de la tecnología y la innovación en la agricultura del desierto destaca Israel. Israel posee la mayoría de las zonas de cultivo bajo superficie árida, por lo que, ha tenido que reinventar su agricultura para poder cultivar y producir alimentos en ella, a través de nuevas técnicas de riego, manejos innovadores o especies adaptadas a las condiciones climáticas, entre otras técnicas. Todo ello ha convertido a **Israel en el principal referente para el desarrollo de la agricultura del desierto**.

También destaca el caso de **Almería y Murcia** en el sur de España, donde el cultivo en invernadero ha permitido crear un modelo basado en la agricultura intensiva que proporciona una gran cantidad de productos hortícolas como

tomates, pimientos, pepinos, melones, sandías, lechugas, etc. Este desarrollo se ha dado gracias a la fuerte experimentación que ha permitido adquirir un amplio conocimiento en el rubro, además de fomentar la producción ecológica y sostenible.

En la zona norte de **Perú**, se está aplicando una técnica que pretende convertir una parte del desierto en un oasis. Además, con la implementación del “Proyecto Olmos”, desviaron el agua del río Huantabanda, desarrollando una represa de acumulación de agua durante la época de lluvias. Esto se desarrolló ya que la zona norte de Perú es muy árida, con alta escasez de agua. Con este proyecto se ha conseguido que la zona norte pueda acceder al agua durante todos los días del año, mientras que, antes solo tenían acceso en la época de lluvias. Asimismo, se están desarrollando e investigando nuevas técnicas para el cultivo del kiwi, cacao, banano y frambuesa, adaptándolas a la climatología de la zona.

En las **zonas áridas de África**, se van desarrollando técnicas e implementando tecnología lentamente. Esto les permite el desarrollo de los cultivos, potenciando la agricultura en el desierto. Sin embargo, dadas las condiciones sociales, económicas, climáticas, demográficas y políticas, las investigaciones y las innovaciones no están en el mismo grado de desarrollo que otros de los ejemplos mencionados.

El **objetivo del apartado es identificar las principales tendencias tecnológicas y no tecnológicas y desarrollos de frontera** existentes a nivel nacional e internacional en cuanto a la agricultura del desierto.

Las técnicas y prácticas que se dan en la producción agraria de las zonas áridas son muy novedosas, implementando las tecnologías más recientes. En este contexto, el desarrollo de la agricultura en estas zonas busca ser medioambientalmente sostenible y eficiente, implementando energías limpias o tecnologías que les permitan desarrollar la actividad con una mayor eficiencia.

El **cambio climático y la desertificación están provocando un aumento de estas técnicas en más países**, ya que, cada vez son más los que se tienen que enfrentar a temperaturas altas. A esta problemática de la temperatura, se le suma la problemática de la escasez de recursos hídricos, por lo que, las técnicas desarrolladas están enfocadas también, a reducir la cantidad

necesaria de agua para las plantaciones. Además, muchos países transforman el agua salada en agua dulce, mediante la desalinización. Mediante este proceso, las zonas áridas pueden tener agua para los cultivos en el desierto.

A continuación, se mencionan cuáles son las tendencias que se dan a nivel internacional en la agricultura del desierto. Las técnicas que se desarrollan están ligados a los objetivos y problemáticas previamente mencionadas.

1.1/ Tendencias tecnológicas y de I+D+i

Las constantes innovaciones **tecnológicas permiten la modernización de los procesos productivos**. En este contexto, las innovaciones tecnológicas transforman los procesos tradicionales existentes en la agricultura, desarrollando nuevos métodos que permiten dar respuesta a los nuevos retos. Con las inversiones en tecnologías agrícolas se persigue **aumentar el rendimiento de los cultivos y optimizar los recursos disponibles**. Así, se consigue abordar los retos a los que se enfrenta la agricultura en el desierto.

Los terrenos poco fértiles del desierto pueden transformarse en tierras agrícolas, desarrollando y promoviendo la agricultura sostenible en la zona. El cambio climático provoca la reducción de las precipitaciones y el aumento de las temperaturas globales, por lo que, la desertificación se va expandiendo. En este contexto, se observa la necesidad existente de adaptación de los cultivos a este clima.

La innovación en países como Somalia, Etiopía, Egipto, Israel o Chile está orientada a desarrollar sistemas de cultivo que estén basados en técnicas sencillas de producción local, recuperando los espacios naturales.

En este apartado se señalan las principales tendencias, tecnologías y desarrollos innovadores que se han llevado a cabo a nivel internacional.

Tabla 1. Tendencias tecnológicas de la Agricultura del Desierto a nivel internacional.

| Tendencias tecnológicas | País de implementación/ desarrollo | Descripción |
|--|--|--|
| <p>La hidroponía y el cultivo de alimentos sin sustrato</p> | <p>Israel, España, Argentina, Australia, Estados Unidos, Japón</p> | <p>La hidroponía es la técnica que se emplea para cultivar plantas sin sustrato, donde los elementos esenciales para el desarrollo de las plantas están proporcionados por una solución nutritiva.</p> <p>Existen varios sistemas de hidropónicos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sistema Nutrient Film (NFT): Las plantas crecen en tubos específicos, en los que fluye una solución de agua y nutrientes disueltos, formulada según las necesidades de cada especie vegetal. Es un sistema cerrado donde se almacena la solución nutritiva. • New Growing Systems (NGS): Es un método de cultivo sin sustrato, especialmente empleado para el cultivo de hortalizas y fresas. Esta técnica permite el desarrollo de los cultivos mediante la combinación de agua, oxígeno y los nutrientes necesarios. • Sistema Deep Floating Technique (DFT): Este sistema hace referencia a una mesa de cultivo posicionada sobre una piscina de solución nutritiva. Se colocan planchas esféricas sobre la piscina, permitiendo que la solución nutritiva penetre para el desarrollo del sistema, manteniendo el sustrato húmedo. • Acuaponía: Es un sistema de alimentos que combina la acuicultura tradicional con la hidroponía. • Aeropónicos: Los cultivos aeropónicos se basan en un sistema de cultivo con las raíces suspendidas en el aire dentro de un entorno de bucle cerrado donde se pulverizan soluciones acuosas ricas en nutrientes |
| <p>El desarrollo de Invernaderos de alta tecnología</p> | <p>España, Australia, Arabia Saudí, Israel</p> | <p>Los invernaderos de alta tecnología ofrecen equipos automatizados, con un sistema controlado por la computadora. De este modo, se garantiza el control con una mayor precisión del clima dentro del invernadero.</p> |
| <p>Fuentes de agua para el riego</p> | <p>Israel, España, Chile y otros</p> | <p>Para las zonas áridas, el proceso de descubrimiento y utilización de nuevas fuentes de agua es vital para lograr el crecimiento y la sostenibilidad de su agricultura. En la actualidad son muchas las fuentes que se estudian: desalinización del agua marina, el uso de aguas grises, la utilización de atrapanieblas, la cosecha de agua, el uso de los glaciares o el uso directo de agua de mar.</p> |
| <p>Desarrollo de nuevos sistemas de Riego Inteligentes y aprovechamiento del agua de una manera más eficiente</p> | <p>Senegal, Israel, Arizona, Libia, Australia, Etiopía</p> | <p>El sistema de riego inteligente consiste en implementar las tecnologías de la información y comunicación (TIC) para gestionar de una manera óptima el regadío. Este sistema trata de monitorizar diferentes datos, procesándolos y haciendo una representación de los mismos. Por ello se han desarrollado técnicas como el riego por goteo o el riego deficitario controlado.</p> <p>En algunos países, por ejemplo, se recolectan las aguas residuales de las ciudades que luego pasan por un proceso de purificación y finalmente, se reutilizan para regar los sembradíos. Por otra parte, en Etiopía, los agricultores han creado terrazas en las montañas áridas y cavan zanjas para permitir que el agua de las lluvias penetre en el suelo y aumente así el nivel de las aguas subterráneas. En Australia, se utiliza la energía solar para desalinizar las aguas del mar y luego reutilizarlas en huertos de pepinos, tomates y pimientos.</p> |

| Tendencias tecnológicas | País de implementación/ desarrollo | Descripción |
|---|--|---|
| <p>El uso de las energías renovables y limpias en el riego agrícola</p> | <p>España, Afganistán, Israel, Australia</p> | <p>El riego agrícola se da por la implementación de diferentes técnicas mediante el uso de las energías renovables y limpias. Cabe destacar, que la energía solar es la principal fuente de energía que se emplea en la agricultura del desierto.</p> <p>En este contexto, el aprovechamiento de la energía solar se utiliza en distintos aspectos como el riego, la mejora de la calidad de agua, la climatización de los invernaderos o la iluminación de las instalaciones. En cuanto a las bombas solares para riego se tratan de mecanismos que extraen agua del pozo mediante la energía solar fotovoltaica (uso de paneles solares para la extracción de energía). Existen dos tipos de bombas solares: las bombas solares de superficie y las sumergibles en pozos.</p> |
| <p>La implementación de la nanoarcilla líquida (LNC) para la conversión de la arena del desierto en tierra fértil</p> | <p>Dubái, Emiratos Árabes Unidos (EAU), Egipto, China, Mongolia, Norte y centro África, California</p> | <p>La nanoarcilla líquida, una mezcla científica de agua y arcilla industrial común, rociando directamente sobre la tierra transformando los métodos de riego existentes. Las partículas líquidas de nanoarcilla se filtran en la arena y crean estructuras esponjosas y huecas que retienen el agua a unos 40 a 60 centímetros bajo tierra, la profundidad típica de las raíces de las plantas.</p> <p>Las condiciones creadas por la nanoarcilla líquida permiten que el agua y los nutrientes aplicados al suelo se retengan por mucho más tiempo que los métodos de riego tradicionales, permitiendo que prosperen el pasto, el trigo, las zanahorias, entre otra vegetación.</p> |
| <p>La implementación de tecnologías novedosas en la producción agrícola: Desarrollo de la agricultura de precisión</p> | <p>Israel, España</p> | <p>La agricultura de precisión consiste en gestionar los cultivos, observando, midiendo y actuando frente a diferentes factores que puedan afectar a la agricultura. En este caso, la agricultura de precisión se desarrolla para hacer frente a las altas temperaturas de las zonas áridas, permitiendo el desarrollo de la agricultura en el desierto. El uso de sensores permite conocer el estado de los cultivos en tiempo real.</p> |
| <p>El uso de los Biocompuestos para la fertilización y reducción de los pesticidas químicos</p> | <p>Israel</p> | <p>Los Biocompuestos son elementos que necesitan los seres humanos para el funcionamiento del organismo. El uso de Biocompuestos naturales para la fertilización del suelo agrícola es considerada como una alternativa sostenible a los fertilizantes tradicionales (nitrogenados inorgánicos). Los biofertilizantes son los fertilizantes que contienen microorganismos, ayudándola a la planta en el proceso de una manera natural. Asimismo, revitaliza el terreno, incrementando los nutrientes de la tierra cultivada.</p> |
| <p>La tecnología led para el cultivo de frutas, verduras y flores, y para la agricultura urbana</p> | <p>Países Bajos</p> | <p>Esta tecnología permite ser un complemento e incluso un sustituto de la energía natural, permitiendo de esta forma un cultivo en el interior durante todo el año. Esta tecnología permite suministrar el espectro y la intensidad que las frutas y verduras necesitan, pero sin añadir calor adicional, mejorando la calidad de las plantas y aumentando el rendimiento incluso durante los meses de invierno.</p> |

Fuente: Elaboración a partir de una amplia búsqueda bibliográfica

La hidroponía y el cultivo de alimentos sin sustrato

La **agricultura hidropónica** es un proceso de producción utilizado para cultivar plantas usando disoluciones minerales en vez de suelo agrícola. Las raíces de los cultivos reciben una solución nutritiva y equilibrada disuelta en agua con los elementos químicos esenciales para el desarrollo de las plantas.

Los productos que más se suelen cultivar mediante este método, con los cultivos de hortalizas como la lechuga, el tomate, el pimiento y el pepino.

Este método de producción se suele implementar en las zonas geográficas donde existan dificultades para cultivar de manera tradicional. De esta manera se observa que la producción hidropónica puede ser de gran potencial en el desarrollo de la agricultura del desierto, ya que, permiten cultivar una gran variedad de alimentos con la mínima cantidad de suelo y agua.

Existen varios sistemas de hidropónicos.

- **Sistema Nutrient Film (NFT)**: Las plantas crecen en tubos específicos, en los que fluye una solución de agua y nutrientes disueltos, formulada según las necesidades de cada especie vegetal. Es un sistema cerrado donde se almacena la solución nutriente. La solución nutriente es bombeada hasta la parte superior de la mesa del cultivo.
- **New Growing Systems (NGS)**: Es un método de cultivo sin sustrato, especialmente empujado para el cultivo de hortalizas y fresas. Esta técnica permite el desarrollo de los cultivos mediante la combinación de agua, oxígeno y los nutrientes necesarios.
- **Sistema Deep Floating Technique (DFT)**: Este sistema hace referencia a una mesa de cultivo posicionada sobre una piscina de solución nutriente. Se colocan planchas esféricas sobre la piscina, permitiendo que la solución nutriente penetre para el desarrollo del sistema, manteniendo el sustrato húmedo.
- **Acuaponía**: Es un sistema de alimentos que combina la acuicultura tradicional con la hidroponía. El agua de la acuicultura se alimenta de un sistema hidropónico, donde los subproductos se descomponen, generando y nitrificado las bacterias en nitritos y nitratos, donde las plantas los utilizan como nutrientes. De esta manera, el agua está en constante recirculación. Es un método de agricultura que combina el

cultivo de peces con el de las hortalizas (hidroponía), donde se emplea en las zonas urbanas de **Estados Unidos** y en las zonas desérticas de **Australia**, Israel, Canadá, Barbados, Nicaragua o Colombia.

- **Aeropónicos:** Los cultivos aeropónicos se basan en un sistema de cultivo con las raíces suspendidas en el aire dentro de un entorno de bucle cerrado donde se pulverizan soluciones acuosas ricas en nutrientes. La aeroponía utiliza menos agua y menos nutrientes que otros sistemas de cultivo moderno como la hidroponía.

Por ejemplo, en **Murcia**, una empresa socia de AgritechMurcia, participa en un proyecto europeo (Drainuse Life) que permite la reutilización de los drenajes de los cultivos sin suelo bajo invernadero. Esta técnica, les garantiza un mejor aprovechamiento del agua en las zonas donde el recurso es escaso. El sistema que han desarrollado reduce el consumo de agua entre un 20% y un 50%. Asimismo, se consigue reducir el uso de fertilizantes en un 40%. Además, esta empresa ha desarrollado un sistema de drenaje diferente para analizar la cantidad de fertilizantes y riego necesaria para reducir el nivel de contaminantes en el Campo de Cartagena y la Manga del Mar Menor.

En la Patagonia argentina se ha implementado la hidroponía, para desarrollar el cultivo de hortalizas y frutas en el territorio desértico.

En **Japón**, la producción de alimentos se desarrolla de manera vertical. Mediante un sensor, es posible controlar la luz artificial, los nutrientes, el dióxido de carbono y la temperatura del cultivo hidropónico. Esta luz artificial permite el rápido crecimiento de las plantas y los cultivos. Aunque no sea un país de producción agrícola en el desierto, las técnicas novedosas y sostenibles que emplean en la agricultura, son implementadas en zonas desérticas, con el objetivo de desarrollar la agricultura de una manera novedosa, sostenible y adaptada a la climatología del lugar.

Al igual que en Japón, en los **Emiratos Árabes** se emplea la granja de cultivo vertical. La empresa AeroFarms de Abu Dabi, ha anunciado¹ la construcción de una granja vertical cubierta, donde se producirán diversos cultivos y se

¹ Aero Farms (9 de abril de 2020)

realizarán trabajos y proyectos de investigación y desarrollo con la tecnología más puntera del mercado. En **Israel**² también se ha avanzado en este sistema.

El desarrollo de Invernaderos de alta tecnología

Los avances tecnológicos han permitido el desarrollo de invernaderos de alta tecnología. Los **invernaderos de alta tecnología** ofrecen equipos automatizados, con un sistema controlado por la computadora. De este modo, se garantiza el control con una mayor precisión del clima dentro del invernadero. Así, cualquier alteración que puedan sufrir las plantas debido a las condiciones climatológicas están controladas. En este tipo de invernaderos, la humedad del aire y la temperatura están monitorizados, analizando la cantidad de agua y fertilizantes que son necesarios para el desarrollo de los cultivos. Los invernaderos tecnológicos permiten que las fresas y los tomates maduren a una mayor velocidad.

A finales de 2016 se fundó la granja solar de **Sundrop Farms (Australia)**³. Esta granja permite cultivar sin necesidad de implementar energías fósiles, insecticidas químicos o agua potable. Esta granja cultiva tomates en el desierto australiano mediante los recursos naturales (el sol y el agua del mar). Esta granja consta de más de 200.000 metros cuadrados de invernaderos de cristal, rodeados de 22.000 espejos. Estos espejos atraen los rayos del sol, concentrándolos en lo alto de una torre, que funciona como una faldera gigante. Además, esta caldera eleva el agua marina a 800 grados centígrados, desalándola, lo que, permite refrescar e irrigar las plantas y los cultivos con esa agua. El agua desalada se utiliza para regar la plantación de tomates situada en el interior de invernadero. La zona es calurosa, por lo que, el invernadero cuenta con cartones mojados con agua salada que mantienen las plantas lo suficientemente para su crecimiento y desarrollo. El agua marina también ayuda a limpiar y esterilizar el aire del invernadero, lo que hace que no haga falta ningún tipo de pesticida.

Tras el éxito del invernadero de Australia, el grupo Sundrop ha planteado abrir tres nuevas plantas solares, una en Portugal, una en Estados Unidos y otra en Australia. Asimismo, se están elaborando y desarrollando programas piloto

² Nuevos Papeles (7 de mayo de 2018) – Invernaderos israelíes avanzan en el cultivo sin tierra de hortalizas. <https://www.nuevospapeles.com/nota/8552-invernaderos-israelies-avanzan-en-el-cultivo-sin-tierra-de-hortalizas>

³ Agriculturers (12 de octubre de 2016) – Cultivando tomates en el desierto gracias a la energía solar. <https://agriculturers.com/cultivando-tomates-en-el-desierto-gracias-la-energia-solar/>

de invernaderos de agua marina en las zonas desértica de Omar, Qatar, y en los Emiratos Árabes.

Asimismo, en Arabia Saudí, existe un proyecto similar al desarrollado en Australia.

En **Israel**⁴, los invernaderos tienen la capacidad para cultivar más de tres millones de rosas o 300 toneladas de tomates por hectárea en cada estación del año. Esto supone una producción cuatro veces mayor al de la agricultura tradicional en los campos de cultivos abiertos. Adicionalmente, en estos invernaderos se implementan tecnologías genéticas para la creación de variedades de semillas que se adaptan a diferentes condiciones climática. Este desarrollo ha sido implementado por el 40% de los invernaderos de tomate europeos.

En **Almería**, se ha desarrollado la agricultura intensiva. La agricultura intensiva es un modelo de explotación agrícola de alto rendimiento técnico y económico basado en el empleo racional del agua, el enarenado, el uso de invernaderos de plástico, la elevada capacitación técnica y el alto nivel de empleo de insumos.

La empresa SDC ha puesto en marcha un invernadero de alta tecnología. La superficie de cultivo está cubierta por plásticos con una extensión de 182.000 m². La instalación permitirá el cultivo de las variedades con mayor valor añadido del mercado. Asimismo, se han desarrollado invernaderos hidropónicos, equipados tecnológicamente para la producción del tomate.

La empresa J. Huete se dedica a la fabricación de invernaderos en la región. Ésta, desarrolla invernaderos implementando diferentes tecnologías como puentes grúas, plegadoras, curvadoras y mesas hidráulicas para el desarrollo agrícola.

Los equipamientos novedosos que se incluyen en los invernaderos de alta tecnología en Almería y Murcia son: las mallas anti-insecto, las pantallas para el ahorro energético, los ventiladores recirculadores y extractores, los

⁴ Portal Frutícola (4 de febrero de 2020) – 7 tecnologías agrícolas de Israel para luchar contra la escasez de agua. <https://www.portalfruticola.com/noticias/2020/02/04/7-tecnologias-agricolas-de-israel-para-luchar-contr-la-escasez-de-agua/>

sistemas de humidificación de baja presión, cooling system, calefacciones con agua caliente, sistemas de CO₂ y sistemas de riego en el suelo e hidropónico.

En **Marana (Arizona)**, Bayer ha construido⁵ un nuevo invernadero de alta tecnología. La instalación ha sido construida para agrupar la producción del maíz. Además, se espera realizar proyectos de innovación tecnológica que permita el desarrollo de nuevas técnicas de cultivo que sean medioambientalmente sostenibles y eficientes. El invernadero establecido en Marana está diseñado para el uso sostenible de insumos para el proceso de investigación. Asimismo, se implementa una nueva técnica de riego novedosa, reciclando el agua utilizada para los cultivos. Además, los materiales cosechados servirán a su vez como compost y los insectos beneficiosos para los cultivos se utilizarán para reducir las aplicaciones de pesticidas.

La instalación del invernadero en el desierto permitirá varios ciclos de cultivo del maíz al año. Además, el invernadero mejora los procesos de producción, eliminando la exposición de los cultivos a condiciones climáticas adversas.

Tras visualizar la tendencia de “el desarrollo de invernaderos de alta tecnología”, a continuación, se mencionan las principales herramientas de alta tecnología que se suelen implementar en este tipo de invernaderos.

- **Sensores atmosféricos en el invernadero:** La implementación de sensores permite comprender en tiempo real el ambiente del invernadero. Para medir la temperatura se han desarrollado medidores de suelo y sensores atmosféricos, capaces de detectar anomalías en los cultivos. Asimismo, los sensores son empleados como medidores de humedad en los cultivos, ofreciendo la información suficiente sobre la necesidad de irrigación del invernadero. Por último, los sensores atmosféricos individuales muestran cuales son las condiciones ambientales del invernadero para evitar problemas a futuro.
- **Software para la Agricultura:** Los programas de software se están implementando en la agricultura, ya que, utiliza métricas de datos para la optimización de la producción. Por ejemplo, la empresa de agricultura vertical Bowery, desarrolló un sistema de software con una robusta red de sensores que recoge datos en tiempo real, con el fin de

⁵ AFN AgFunderNews (4 de marzo de 2020) - Operación maíz del desierto: Bayer abre un nuevo invernadero de alta tecnología en Arizona.

obtener información de las plantas (calidad, textura, color y rendimiento). En este sentido, los programas de software proporcionan información en torno a los aspectos de una explotación.

- **Estanterías para el cultivo:** Este tipo de infraestructura (estanterías) permite el desarrollo de la agricultura vertical. Los estantes agrícolas verticales están diseñados para mantener las plantas, desarrollados con componentes eléctricos y con un sistema de riego incrustado. Este sistema se integra en el sistema de macro-hidroponía, debido a su facilidad de organización y movilidad.
- **Robótica:** Las empresas agrícolas han implementado la robótica para lidiar con tareas laboriosas del cultivo, como es la poda de las plantas. Empresas que se dedican a la fabricación de equipamientos agrarios, han implementado procesos innovadores y tecnológicos con el objetivo de innovar y modernizar el sector. Un robot desarrollado por la empresa FarmBot es capaz de realizar las tareas del invernadero, como el cultivo, la capina, la plantación, el riego y la pulverización.

Fuentes de agua para Riego

Las fuentes de obtención de agua para riegos son muy diversas, y su conocimiento y explotación son fundamentales cuando se trata de su utilización en las zonas áridas.

Desalinización de Agua: **Israel** es uno de los líderes en el suministro de plantas de desalinización, equipos y novedosa tecnología para la extracción de la sal del agua. Samuel Josefowitz ha financiado varios desarrollos en esta materia en países desérticos como Israel para la desalinización del agua. En este contexto, se ha desarrollado un oasis desértico alimentado por el sol. Se trata de un sistema que utiliza la energía solar para proveer energía a las bombas desalinizadoras para que limpien el agua. Esta innovación se ha ejecutado en el Valle de Arava, al sur del mar muerto.

Aunque la desalinización está considerada como una técnica innovadora de riego en la agricultura, **Murcia**, emplea energías renovables para llevar a cabo el proceso. La innovación agrícola posibilita el desarrollo de la agricultura en el mediterráneo. Por ello, una de las empresas (Novedades Agrícolas) pertenecientes a AgritechMurcia ha desarrollado un proyecto donde se integra

la tecnología de tratamiento de agua en un módulo compacto de bajo consumo por el uso de la energía solar.

Este proyecto, conocido como Desert, forma parte del programa Era-Net Cofund Water Works 2014. En el programa han colaborado activamente diferentes Universidades como Lieja, Bari, CEBAS-CSIC y CREA y la empresa murciana.

El objetivo principal es integrar las tecnologías para la desalación de agua y fertirrigación en el mismo módulo, optimizando el consumo de energía. Este sistema de energía renovable es la alternativa para hacer frente a la escasez de recursos y preservar el medio.

Australia⁶ también emplea la energía solar para la desalinización del agua y regar los cultivos del tomate. Este ejemplo se ha considerado en la tendencia “El desarrollo de Invernaderos de alta tecnología” ya que, se trata de un invernadero inteligente nuevo que emplea esta técnica entre otras cuantas, potenciando el cultivo del tomate.

Uso de aguas grises: Israel utiliza cerca del 90% del agua gris depurada en agricultura. Para garantizar la calidad del agua usada para el riego, se analizan un total de 36 parámetros para garantizar la salud pública, la preservación cualitativa del suelo, así como consideraciones hidrogeológicas y para la flora. Todo esto a partir de las 500 instalaciones de saneamiento que existen en el país. Después de Israel, España y Singapur son los países que más agua reutilizan. El paradigma: la planta de depuración de Shafdan, esta instalación recoge las aguas residuales de una de las zonas más densamente pobladas de Israel, concretamente la conurbación de Tel Aviv, mediante una red de colectores en alta de más de 70 kilómetros. El agua tratada en esta planta (alrededor de 130 millones de metros cúbicos), se infiltra en un acuífero y después se extrae para la irrigación de campos en Negev (el 70% de la actividad agrícola en esta región se satisface con agua regenerada).

El agua atmosférica, que principalmente se trata de **atrapanieblas** es un tipo de tecnología que puede ser una solución para abastecer de agua a cientos de

⁶ Agriculturers (12 de octubre de 2016) – Cultivando tomates en el desierto gracias a la energía solar. <https://agriculturers.com/cultivando-tomates-en-el-desierto-gracias-la-energia-solar/>

regiones áridas en el futuro. En Israel la empresa Water-Gen ha desarrollado un sistema que permite generar agua a través de la condensación del aire⁷.

De acuerdo con investigadores chilenos, si solo el cuatro por ciento del agua contenida en la niebla pudiera ser capturada, sería suficiente para abastecer todas las necesidades de la zona norte de Chile, incluyendo todo el desierto de Atacama. Chile es considerado el país pionero en implementar esta tecnología, ya que fue en esa región donde nacieron las primeras investigaciones y modelos. Actualmente el atrapanieblas ha sido replicado en países de Latinoamérica como Perú, Ecuador, Colombia, México, Guatemala y República Dominicana. También se pueden encontrar en otros países como España, Sudáfrica, Namibia, Omán, Croacia, Yemen e Islas de Cabo Verde en África.

La cosecha de agua en la cultura altoandinos las qochas o cochas, son acciones ancestrales para la recolección del agua. En algunas regiones se hacen zanjas de infiltración (canales en terrenos de ladera), clausura de praderas (cercado de áreas de pradera en zonas de cabecera de cuenca), manejo de pastos naturales (pastoreo rotativo, rotación de dormideros, etc.), forestación y reforestación, y amunas (captación de agua de lluvia para luego infiltrarlas en rocas fracturadas ubicadas encima de los manantes).

Los glaciares son otra propuesta para usar como fuentes de agua para riego, actualmente existen tecnologías para el manejo de glaciares, en varias de las cuales Chile ha sido pionero en el mundo. Ellas permiten extraer más agua de los glaciares, cuando se necesita, y rellenarlos en años de mayor precipitación nival. Sin embargo, manejar estos glaciares pudiera generar controversias y, desde luego, también tiene un costo. En el marco de la Megasecuía, que está sumando un año más ¿Debería la agricultura del futuro analizar los glaciares como una alternativa para su sustento?⁸

Uso directo de agua de mar: El riego directo de plantas hortícolas con agua de mar es posible, según un estudio realizado por la Fundación Aqua Maris. Desde Aqua Maris llegan a la conclusión de que los dos modelos que consideran más eficientes para regar con agua de mar y con los que intentan guiar sus investigaciones son los que nos muestra la naturaleza: creando una

⁷ INFOBAE (2017). <https://www.infobae.com/america/mundo/2017/10/07/la-maquina-israeli-que-convierte-el-aire-en-agua-potable-puede-solucionar-un-drama-mundial/>

⁸ Cedimir Marangunic, Geólogo de la Universidad y Fundador y Director de la Consultora GEOESTUDIOS, especializada en estudios glaciológicos. Marzo 2020, NewsLetters SimFruit

capa freática con agua de mar para mantener el subsuelo siempre húmedo o adaptando las plantas a la salinidad del agua de mar (como puede ser la acelga), cultivándolas en un suelo que tenga la capacidad de drenar el exceso de sales.

Desarrollo de nuevos sistemas de Riego Inteligentes y aprovechamiento del agua de una manera más eficiente

El sistema de riego inteligente consiste en implementar las tecnologías de la información y comunicación (TIC) para gestionar de una manera óptima el regadío. Este sistema trata de monitorizar diferentes datos, procesándolos y haciendo una representación de los mismos. Cada país, emplea diferentes técnicas de riego, por lo que, a continuación, se mencionan las diferentes técnicas empleadas en diversos países con agricultura en el desierto.

Israel⁹ cuenta con un novedoso sistema de regadío. Este sistema es conocido como el **riego por goteo**. Israel genera un promedio de 520 millones de metros cúbicos (mmc) de aguas negras, de las cuales el 91% (475 mmc) son tratadas. Posteriormente, el 75% de ellas son reutilizadas para la irrigación. El agua tratada se canaliza en albercas gigantes ubicadas en diferentes zonas áridas del país, siendo cubiertas por geomembranas para evitar la evaporación del agua. El agua generada se usa en poblaciones cercanas y campos de cultivo. Posteriormente, el agua regresa a una planta de tratamiento local pequeña, donde se repite el ciclo.

El crecimiento en la producción agrícola israelí se da por el riego o irrigación por goteo, un sistema mediante el cual se colocan tuberías de alta resistencia a diversas profundidades según el cultivo y se conectan con cada raíz. De esta manera, se reparten las cantidades precisas de agua y nutrientes a cada planta, optimizando las condiciones de humedad y ventilación.

Israel tiene un 60% de las tierras cultivadas en zonas desérticas. Mediante la aplicación de diversas técnicas innovadoras, ha logrado controlar y canalizar el agua de una forma más eficiente. Así, la investigación ha contribuido al

⁹ Portal Frutícola (4 de febrero de 2020) – 7 tecnologías agrícolas de Israel para luchar contra la escasez de agua. <https://www.portalfruticola.com/noticias/2020/02/04/7-tecnologias-agricolas-de-israel-para-luchar-contra-la-escasez-de-agua/>

desarrollo de un sistema de canalización desde el Mar de Galilea o del reciclaje de aguas grises de las zonas urbanas.

Japón es uno de los impulsores de la agricultura sostenible y nuevos procesos productivos en la agricultura. En este contexto, Japón ofrece asistencia tecnológica en los países del **continente africano**, con el objetivo de aumentar la producción anual del arroz en el continente (se espera conseguir 50 millones de toneladas en 2030). Así, aunque Japón no tenga una agricultura del desierto como otros países, puede contribuir al desarrollo de nuevas técnicas en estos países, implementando sus buenas prácticas en los cultivos hidropónicos, regadíos eficientes e inteligentes y el uso de altas tecnologías en los invernaderos para la producción agrícola. En esta línea, la estrategia que persigue Japón es promover la inversión privada y expandir la agricultura y maquinaria sostenible en el continente africano.

Por ejemplo, en **Senegal**, se han invertido recursos para capacitar a los técnicos agrícolas y transferir tecnología novedosa de riego. Como resultado, se espera que la productividad aumente el cultivo de arroz.

Libia ha establecido un sistema de riego eficaz. El acceso al agua supone una problemática, por lo que, han desarrollado cultivos regados mediante sistemas mecanizados de pivotes centrales. Estos sistemas usan de manera eficiente la energía eléctrica, minimizando la pérdida de agua por la evaporación con emisores de riego por aspersión (distribuyen el agua por todo el cultivo “máquinas de riego Pivot”, regándolo en círculos). Con este sistema de riego mecanizado se desperdicia menos agua, aprovechando este recurso al máximo en las zonas áridas. Aunque las máquinas de riego Pivot se utilicen en otros países como la India o zonas desérticas de Estados Unidos, la técnica implementada en Libia es diferente, cultivando grano, frutas, verduras y forrajes para el ganado.

El uso de las energías renovables y limpias en el riego agrícola

El riego agrícola se da por la implementación de diferentes técnicas mediante el uso de las energías renovables y limpias. Cabe destacar, que la energía solar es la principal fuente de energía que se emplea en la agricultura del desierto. En este contexto, el aprovechamiento de la energía solar para el riego se produce por el uso de bombas solares. Las bombas solares para riego son bombas solares de agua que extraen agua del pozo mediante la energía solar fotovoltaica (uso de paneles solares para la extracción de energía). Existen dos tipos de bombas solares: las bombas solares de superficie y las bombas solares sumergibles en pozos.

El riego solar está considerado como un avance en la agricultura, ya que, se trata de estructuras o instalaciones muy rentables que pueden funcionar sin costes a lo largo del tiempo, funcionando mediante la energía solar fotovoltaica. La tecnología fotovoltaica aplicada al riego enlaza la energía y los alimentos, mejorando las oportunidades de seguridad alimentaria. Para las zonas áridas, este sistema se ve como una oportunidad de desarrollo, ya que, la radiación solar en estas zonas es mayor. Aunque el proceso de bombeo de agua con paneles solares es constante, no siempre se mantiene un flujo uniforme debido a la diferente radicación que reciben las placas solares a lo largo del día. Por ello, en ocasiones, la energía suele mitigarse mediante la incorporación de baterías en las instalaciones, aportando un flujo constante de corriente eléctrica.

Además, muchas de las instalaciones del almacenamiento del agua, cuentan con depósitos y estanques para aprovechar las horas del sol, acumulando el agua. La instalación está compuesta por diferentes componentes, como los módulos fotovoltaicos, los convertidores, las bombas, los reguladores, el cableado y tuberías.

Los módulos fotovoltaicos (paneles solares) captan la radiación solar, convirtiéndola en energía para el sistema. Los convertidores transforman la corriente generada por las placas solares. Las bombas son máquinas que llevan a cabo la impulsión del agua.

Las sequías originadas en el período 2017-2018 ha provocado una situación insostenible en algunas comunidades de **Afganistán**. En este contexto, se ha

llevado a cabo un sistema de bombeo solar con el fin de recuperar agua potable. Esta técnica puede ser implementada en la agricultura del desierto.

Así, en las aldeas de Takab-Esmail y Shurab (provincia Badghis, Afganistán) se ha desarrollado una innovadora construcción de redes de agua potable mediante la energía solar. Ambas redes están equipadas con bombas sumergibles de energía solar, accediendo al agua subterránea (alcanzando profundidades de hasta 90 metros). Esta nueva infraestructura hídrica ha aumentado el acceso al agua potable y limpia.

La implementación de la nanoarcilla líquida (LNC) para la conversión de la arena del desierto en tierra fértil

La nanoarcilla líquida se emplea para reforestar los desiertos. En este sentido, el científico Kristian Morten Olesen, patentó (en 2005) un proceso para mezclar nanopartículas de arcilla con agua y unirlos a partículas de arena, acondicionando el suelo del desierto¹⁰. Mediante esta técnica, el suelo del desierto se convierte apto para la plantación de ciertos cultivos. El tratamiento proporciona a las partículas de arena un recubrimiento de arcilla que cambia las propiedades físicas y permite a la tierra unirse con el agua.

La arcilla natural, una vez mezclada con el agua, es introducida en la arena, creando una capa en el suelo que permite que la arena se convierta en tierra fértil¹¹.

Esta técnica se implementó en los **Emiratos Árabes Unidos**, permitiendo el cultivo de tomates, berenjenas y quimbombó. Además, esta técnica requiere menos cantidad de agua en el riego de los cultivos, por lo que, se pueden cultivar más áreas con el recurso del agua existente previo (cantidad de agua que se utilizaba con una plantación tradicional en el desierto) a la implementación de la LNC.

Países como Egipto, China, Mongolia, Norte y centro África y California han implementado esta nueva técnica para aprovechar el suelo del desierto para el desarrollo agrario.

¹⁰ BBC (7 de mayo de 2018) – La innovadora técnica capaz de convertir la arena del desierto en tierra fértil. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-44008991>

¹¹ Eco Inventos Green Technology (2 de junio de 2020) – La innovación que convierte la arena del desierto en tierra de cultivo. <https://ecoinventos.com/liquid-nanoclay/>

La implementación de tecnologías novedosas en la producción agraria: Desarrollo de la agricultura de precisión

La digitalización ha permitido la introducción de tecnologías novedosas en la producción agraria, modernizando y desarrollando nuevas técnicas. En este contexto, la agricultura de precisión nace por la implementación de nuevas tecnologías en la producción, permitiendo recibir y captar cualquier tipo de información que sea beneficiosa para los cultivos. Aunque la agricultura de precisión se haya originado a principios de los años ochenta, no se ha dado a conocer hasta ahora, potenciándola a través de la implantación de nuevas tecnologías como los sensores, el GPS, drones y BlockChain.

Así, en la agricultura de precisión, en la que es clave la orientación estratégica de los cultivos, se implementa el uso de sensores que permite conocer el estado de éstos en tiempo real. Estos sensores pueden conectarse vía M2M (máquina a máquina).

La agricultura de precisión¹² consiste en gestionar los cultivos, observando, midiendo y actuando frente a diferentes factores que puedan afectar a la agricultura. En este caso, la agricultura de precisión se desarrolla para hacer frente a las condiciones de temperatura, suelo, irradiación, estrés hídrico o niveles de CO₂, entre otros, permitiendo el desarrollo de la agricultura en el desierto y permitiendo las mediciones fenológicas y el control de la calidad y el rendimiento. Esta técnica se realiza mediante sistemas de navegación por satélite, de información geográfica y sensores situados en la parcela. De esta manera, los sistemas recogen información que será utilizada para la toma de decisiones con mayor precisión, optimizando el rendimiento de los cultivos.

A continuación, se explican cuáles son las etapas para implementar el control de los cultivos.

- **Adquisición de datos:** La variedad y la cantidad de datos recogida de los cultivos es amplia. Actualmente existen diversos sensores que permiten medir, por ejemplo, la humedad del suelo, la geolocalización, la probabilidad de plagas y enfermedades y la conductividad.

¹² Qampo - La agricultura de precisión. <https://qampo.es/la-agricultura-de-precision/>

- **Análisis de datos:** Una vez recogida la información, los datos son tratados para facilitar y mejorar su interpretación. Para ello, se emplean herramientas estadísticas, como AgGis, para la elaboración de gráficos y mapas.
- **Toma de decisiones:** Los conocimientos que tiene el agrícola más la información obtenida del cultivo, le permite tomar decisiones de una manera más eficiente. Esta mejora les permite tomar decisiones preventivas y de gestión.

Como hemos comentado a lo largo del informe, las zonas áridas sufren la problemática de escasez de recursos hídricos o de agua. En este contexto, países como Israel o Egipto, elaboran tecnologías muy punteras para transformar sus técnicas de cultivo, adaptándose al entorno en el que están. De esta manera, las nuevas técnicas elaboradas cuentan con una mayor tecnología y una disminución en el uso de agua para las plantaciones. A continuación, se mencionan una serie de altas tecnologías e innovaciones¹³ que han sido implementadas en la agricultura, especialmente en las zonas áridas.

- **Polvos para frenar la sequía (Solid Rain):** Con el objetivo de reducir la sequía en las zonas áridas, la corporación Solid Rain ha desarrollado una tecnología que les permite que la siembra sea más efectiva y eficiente, protegiendo a los cultivos de la escasez de agua. Se trata de polvo granulado de acrilato de potasio biodegradable no tóxico capaz de absorber hasta 200 veces su peso en agua. Esta novedosa tecnología permite reducir la frecuencia del riego en un 90%.
- **Invernaderos cosechadores de rocío:** el equipo de Roots-Up, inventó en Etiopía este invernadero que recolecta la propia agua de rocío para su utilización como riego. El invernadero tiene forma de pirámide, hecha de una pantalla de bioplástico, contando en la cúspide con un embudo recolector del agua para llevarla a un contenedor. Cuando las temperaturas aumentan el agua se evapora y suba, manteniéndose en la pantalla de bioplástico; al caer la noche, la parte superior del invernadero se abre gracias a unas cuerdas atadas a un pasador, exponiendo las gotas recogidas al aire frío. Cuando ese

¹³ Agriculturers (29 de mayo de 2015) – Innovaciones agrícolas de alta tecnología.
<http://agriculturers.com/conoce-estas-revolucionarias-30-innovaciones-agricolas-de-alta-tecnologia/>

líquido se enfría, se condensa y cae a la cisterna de almacenamiento de agua.

- **Equipos para atrapar el agua atmosférico:** Lo que supondría una revolución para la obtención de agua potable en climas desérticos a través de la captación del vapor de agua en climas con humedades relativas por encima del 8%.
- **Tractores inteligentes:** Los tractores inteligentes llevan incorporados sistemas digitales que les permite mejorar las técnicas de cosechado.
- **Drones:** El uso de los drones en la agricultura permite conocer la verdadera situación de los cultivos, observando las necesidades de riego y cuál es su estado de madurez y crecimiento, así como llevar el control de plagas y enfermedades.

Los drones han sido implementados para mejorar el rendimiento y planificación de los cultivos. En España, “*se ha desarrollado un proyecto que agrupa en un modelo demostrativo de agricultura de precisión basado en sensores de visión hiper espectral mediante el uso de drones, robots autónomos, Inteligencia Artificial y Big Data*”¹⁴. La aplicación de esta tecnología en el sector agrario permitirá en un futuro la aplicación de tratamiento fitosanitarios. Asimismo, los agricultores tendrán la información adecuada para decidir el momento óptimo para la recolección.

Los avances tecnológicos, han potenciado el desarrollo de dispositivos avanzados como pueden ser los sistemas inteligentes de voz y las gafas de realidad aumentada (ofrecen una información detallada de la parcela y de los cultivos a tiempo real).

En este contexto de innovaciones tecnológicas, **Israel** ha desarrollado¹⁵ un dron innovador, incluyendo características, servicios y tecnologías novedosas. Asimismo, en Israel y Almería se emplean drones para la recolección de tomates y frutas.

¹⁴ Tecno Garden (26 de diciembre de 2019) - Agricultura de precisión y dones para mejorar el rendimiento y la planificación de los cultivos.

<https://profesionaleshoy.es/jardineria/2019/12/26/agricultura-de-precision-y-drones-para-mejorar-el-rendimiento-y-la-planificacion-de-los-cultivos/20264>

¹⁵ Israel 21C (4 de julio de 2019) – Robot innovador de Israel. <https://es.israel21c.org/conoce-al-nuevo-robot-volador-de-israel/>

En **Valladolid** (España), se ha desarrollado un sistema tecnológico novedoso (Qampo) que permite la agricultura de precisión mediante la combinación de la agricultura y el Internet de las Cosas (IoT). Qampo es un sistema que permite la monitorización y el análisis de parámetros agronómicos y medioambientales con el fin de optimizar la producción, la calidad y la sostenibilidad medioambiental. Este sistema instala unos sensores que se conectan a un data logger que recoge todos los datos automáticamente y los envía de forma inalámbrica a la nube. Desde su propia plataforma (Qampo Cloud), se puede visualizar los datos (agua, temperatura, humedad, precipitaciones, etc.) y analizar varios gráficos, con el objetivo de conocer la situación a tiempo real de los cultivos.

El uso de los Biocompuestos para la fertilización y reducción de los pesticidas químicos

El uso de los biofertilizantes¹⁶ con microorganismos en la agricultura, están considerados como tendencia, debido a que son respetuosos con el medio ambiente. Un biofertilizante¹⁷ es un fertilizante orgánico natural que proporciona a las plantas todos los nutrientes necesarios, mejorando la calidad del suelo mediante la creación de una zona natural. El uso de este tipo de biofertilizantes permite la regeneración y la mejora de la fertilidad de la tierra de cultivo, incrementando la biodiversidad¹⁸.

En **Israel**¹⁹, se utilizan biopesticidas y hongos microscópicos para reducir el uso de pesticidas y fertilizantes químicos. De esta manera, se desarrollan e impulsan los fertilizantes naturales, garantizando la seguridad y sostenibilidad del cultivo. Los hongos microscópicos hacen que las raíces de las plantas absorban más nutrientes, esto incrementa el rendimiento de los cultivos, ya que, se emplean menos fertilizantes. El hongo penetra en la raíz de la planta, disolviendo los nutrientes que no pueden ser absorbidos por la planta, y se los vuelve a entregar.

¹⁶ Probelte (11 de julio de 2019) - ¿Cuáles son las ventas de biofertilizantes compuestos por microorganismos?. <https://www.probelte.es/noticia/es/-cuales-son-las-ventajas-de-los-biofertilizantes-compuestos-por-microorganismos/29>

¹⁷ Decco (14 de septiembre de 2018) – Tipos de fertilizante. <https://www.deccoiberica.es/tipos-de-fertilizantes-del-organico-a-la-fertilizacion-foliar/>

¹⁸ Juan Sebastián Carvajal Muñoz y Adriana Consuelo Mera Benavides – Fertilización biológica: Técnicas de vanguardia para el desarrollo agrícola sostenible. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3875716.pdf>

¹⁹ Portal frutícola (4 de febrero de 2020) - Tecnologías agrícolas de Israel para luchar contra la escasez del agua. <https://www.portalfruticola.com/noticias/2020/02/04/7-tecnologias-agricolas-de-israel-para-luchar-contra-la-escasez-de-agua/>

Varios investigadores de la **Universidad de Cambridge, Reino Unido**, han desarrollado²⁰ un fertilizante sin compuestos químicos que permite cultivar diferentes productos en diferentes terrenos y superficies. Este fertilizante está compuesto por residuos orgánicos, estiércol de gallina y zeolita. La zeolita es un mineral capaz de hidratarse y deshidratarse. Al mezclar estos componentes, se desarrollan nutrientes, regulando el agua necesaria para los cultivos.

La tecnología led para el cultivo de frutas, verduras y flores, y para la agricultura urbana

Esta tecnología permite ser un complemento e incluso un sustituto de la energía natural, permitiendo de esta forma un cultivo en el interior durante todo el año²¹. Esta tecnología permite suministrar el espectro y la intensidad que las frutas y verduras necesitan, pero sin añadir calor adicional, mejorando la calidad de las plantas y aumentando el rendimiento incluso durante los meses de invierno.

Es muy utilizado en la agricultura urbana gracias a su capacidad de producción en cultivos verticales.

²⁰ Agriculturers (4 de octubre de 2017) - Desarrollan fertilizante natural que permite cultivar en suelos desérticos. <https://agriculturers.com/desarrollan-fertilizante-natural-que-permite-cultivar-en-suelos-deserticos/>

²¹ Philips <https://www.lighting.philips.es/productos/iluminacion-led-horticultura/vegetables-and-fruits>

1.2/ Tendencias productivas

En este apartado, se mencionan cuáles son los productos que se desarrollan a partir de las técnicas que hemos mencionado en el apartado anterior.

Los productos BIO están definidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como aquellos que se han producido de manera tradicional y sostenible, sin químicos ni siendo modificados genéticamente²². De la misma manera que en la agricultura tradicional, se busca una mayor sostenibilidad y eficiencia medioambiental, en la agricultura del desierto, se desarrollan también los productos utilizando técnicas y tecnologías sostenibles y eficientes.

Tras observar las técnicas que se han implementado a nivel internacional, se destaca el desarrollo de nuevos productos BIO, nuevos cultivos y nuevas semillas. Esto se debe al empleo de nuevas técnicas medioambientalmente sostenibles y libres de químicos.

Entre alguno de los ejemplos, encontramos el desarrollado por la Universidad de Waseda de **Japón**, donde han experimentado con 180 granjas mediante el uso de membranas de hidrogel. Entre los resultados hallados, destaca que es óptimo para el cultivo de frutas y vegetales. Este cultivo requiere de ubicar las semillas encima de un cultivo de nutrientes que se transmiten, junto con el agua a las raíces de los vegetales, sin requerir tierra²³.

En **Israel**²⁴, los agricultores han introducido la jojoba, la pythaya, el cactus opuntia y distintas especies de flores adaptadas a las condiciones extremas del desierto utilizando invernaderos. En las zonas de dunas se ha realizado una reforestación intensiva con agua reciclada para cultivos cítricos y mango.

En **Libia**²⁵, hubo un esfuerzo notorio, previo a los estallidos sociales, para establecer sistemas de riego eficaces. Al estar situada al norte de África el

²² Planeta Inteligente, El Mundo (2019) – Alimentos bio, eco y orgánico. <https://planetainteligente.elmundo.es/2019/eco/alimentos-bio-eco-y-organico-son-iguales.html#:~:text=Productos%20Eco%20y%20Bio,ning%C3%BAAn%20elemento%20puede%20ser%20artificial.>

²³ Marina Such (14 de enero de 2016) – Como la tecnología ha dado de comer en el desierto. <https://www.blognovo.es/como-la-tecnologia-ha-dado-de-comer-en-el-desierto/>

²⁴ Todo el campo (11 de enero de 2013) – Agricultura en el desierto. <https://www.todoelcampo.com.uy/agricultura-en-el-desierto-15?nid=5247#:~:text=La%20agricultura%20en%20el%20desierto,el%20cultivo%20de%20diversas%20especies.>

²⁵ Tecnología hortícola – Agricultura sostenible en el desierto. <https://www.tecnologiahorticola.com/agricultura-sostenible-desierto/>

acceso al agua por parte de la población local es compleja, de ahí que los esfuerzos para establecer sistemas de regadío hayan sido mediante sistemas mecanizados de pivotes centrales.

Estos sistemas son eficientes energéticamente, y minimizan la pérdida de agua por evaporación, mediante emisores de riego por aspersión, que distribuyen el agua desde la cabeza del Pivot hasta el cañón final de cierre del cultivo.

A pesar de que las máquinas de riego de Pivot son habituales en países como la India o Estados Unidos, la forma de uso en Libia es única, permitiendo el cultivo de grano, frutas, verduras y forrajes para el ganado.

En referencia a la **seguridad alimentaria** de los productos que se cultivan en el desierto, los invernaderos es recomendable que cuenten con la certificación PrimusGFS, que se basa en un proceso de estandarización GFSI (Iniciativa Global de Inocuidad Alimentaria) cubriendo las Buenas Prácticas Agrícolas (GAP) y Buenas Prácticas de Manufactura (GMP). El esquema PrimusGFS cubre el alcance de la cadena de proveedores pre y post cosecha y provee un enfoque integrado a la cadena de proveedores.

Dentro de esta tendencia también se ha acuñado el concepto de **Soberanía Alimentaria**, entendiéndolo como tal la capacidad de cada pueblo de responder a sus políticas agrarias y alimentarias de acuerdo con los objetivos de desarrollo sostenible y seguridad alimentaria. Este concepto fue acuñado por actores como la ONU y FAO²⁶

Otro de los aspectos de sostenibilidad a tener en cuenta es el sello de garantía que ofrece al consumidor la seguridad acerca de los valores éticos del producto (Fairtrade). Los productos con sello Fairtrade certifican que los productos han sido producidos en condiciones de trabajo dignas y compradas a un precio justo apoyando el desarrollo sostenible de la organización productora.

Las normas ISO contribuyen a una producción agrícola más rentable y sostenible, dotando de nuevas tecnologías, conocimientos e información a los agricultores; ayudando a cuantificar las emisiones de efecto invernadero o promoviendo buenas prácticas en gestión ambiental; ayudando a identificar y

²⁶ FAO (2013) - Seguridad y Soberanía Alimentarias. <http://www.fao.org/3/a-ax736s.pdf>

controlar la seguridad alimentaria y para medir y notificar la calidad del suelo; y mejorando de aguas residuales para el riego²⁷.

1.3/ Tendencias no tecnológicas en el ámbito de la formación y la investigación

En este apartado se abordan las cuestiones relativas a la formación y a los grupos de investigación sobre la agricultura del desierto. Para llevar a cabo nuevas técnicas novedosas e innovaciones en el sector, la formación y la colaboración de los agentes públicos con los privados es fundamental, especialmente para abordar proyectos novedosos y con gran potencial de internacionalización.

Como hemos comentado, para que los proyectos de innovación e investigación se lleven a cabo, hace falta la colaboración y cooperación de los diferentes agentes. Por ello, **Israel**, promueve la investigación entre los centros educativos, los centros de investigación y las empresas.

Por su parte, **Abu Dabi** dispone de una granja vertical cubierta, donde se desarrollan trabajos y proyectos de investigación. En esta iniciativa se agrupan los centros de excelencia de: Investigación organoléptica avanzada y laboratorio de fenotipado de precisión, el centro avanzado de mejoramiento de semillas, el laboratorio de análisis fitoquímico, el laboratorio de visión artificial y aprendizaje automático y el laboratorio de robótica, automatización y drones.

El objetivo de la granja es producir los cultivos con la mejor calidad para la humanidad. En ese sentido, en la granja, cuentan con una instalación nueva de I+D, agrupando la experiencia en agricultura y ciencia. En dicha instalación se llevan a cabo investigaciones en ciencias de plantas, agricultura vertical, aceleración de los ciclos de innovación y la comercialización de nuevos productos innovadores. De esta manera, se observa el buen resultado

²⁷ ISO Focus (junio 2017) – Agricultura Inteligente.
[https://www.iso.org/files/live/sites/isoorg/files/news/magazine/ISOfocus%20\(2013-NOW\)/sp/ISOfocus_122.pdf](https://www.iso.org/files/live/sites/isoorg/files/news/magazine/ISOfocus%20(2013-NOW)/sp/ISOfocus_122.pdf)

de la colaboración entre el sector público y privado, ya que, les permite abordar desafíos más completos en torno al sector.

En **Almería** se han llevado a cabo proyectos de desarrollo agrícola, construyendo invernaderos multitúnel fotovoltaicos con equipamiento para la investigación agrícola.

La **Asociación Española de Turmicultura**, ubicada en **Murcia**, ofrece formación en técnicas relacionadas con la Turmicultura, la comercialización, el emprendimiento y el micoturismo. Esta formación trata de mejorar las capacidades de los investigadores para trabajar en el proyecto Trufa del Desierto. Este proyecto tiene el objetivo de desarrollar producciones agrarias de alto valor añadido, siendo respetuosas con el medio ambiente y que tengan la capacidad para adaptarse a la climatología de la región (escasez de lluvias).

La formación es esencial para impulsar investigación sobre proyectos agrarios en la región de Murcia. Por ello, desde la Asociación, se impulsan²⁸ reuniones y cursos de formación con diferentes grupos de acción local, empresas y agricultores²⁹. Estos cursos formativos abordan técnicas de Turmicultura para los agricultores de la región, que serán impartidos por el personal de investigación y especializado de la Universidad de Murcia, Thader Biotechnology y Micosfera.

²⁸ Estos talleres formativos se impartirán durante la vigencia del proyecto, desde el 2018 hasta el 2020.

²⁹ Asociación Española de Turmicultura – Programa de Desarrollo.

<https://trufadeldesierto.com/programa-de-desarrollo/>

1.4/ Financiación de las iniciativas

En este apartado, se realiza una búsqueda sobre los diferentes agentes que financian, iniciativas y proyectos vinculados a la agricultura del desierto a nivel internacional. En la tabla a continuación, se observan los distintos actores que ponen en marcha iniciativas para el desarrollo tecnológico y sostenible de la agricultura del desierto. La financiación con la que cuentan para el establecimiento y desarrollo de las iniciativas, en cada país es diferente, por lo que, en el estudio en profundidad de cada país analizado se detallan las fuentes de inversión existentes. Los países de estudio son los siguientes: Australia, España, Estados Unidos, Israel y las zonas áridas de África.

Tabla 2. Actores impulsores de proyectos sobre la agricultura del desierto en Australia, España, Estados Unidos, Israel y en las zonas áridas de África

| País | Instituciones y Entidades públicas | Entidades generadoras de conocimiento y su transferencia | Empresas emprendedoras | Asociaciones Agrícolas |
|------------------------|--|---|--|--|
| Israel | <ul style="list-style-type: none"> Gobierno de Israel | <ul style="list-style-type: none"> Universidad Ben-Gurion de Negev | <ul style="list-style-type: none"> Aero Farms Sundrop Farms | <ul style="list-style-type: none"> |
| España | <ul style="list-style-type: none"> Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación Comité Andaluz de Agricultura Ecológica | <ul style="list-style-type: none"> Red Europea de Desarrollo Rural Universidad de Murcia Universidad Lieja Universidad de Bari CEBAS- CSIC CREA Universidad de Sevilla | <ul style="list-style-type: none"> Thade Biotechnology Micosfera Novedades agrícolas Agritech SDC J. Huete | <ul style="list-style-type: none"> Fundación Artemisan Agro hábitat Asociación Europea para la innovación en materia de productividad y sostenibilidad agrícola (AEI- AGRÍ) Fundación Aquea Asociación Española de Turmicultura |
| Perú | <ul style="list-style-type: none"> Gobierno Perú Agrobank | <ul style="list-style-type: none"> | <ul style="list-style-type: none"> | <ul style="list-style-type: none"> |
| Zonas áridas de África | <ul style="list-style-type: none"> FAO | <ul style="list-style-type: none"> Asistencia tecnológica de Japón Academia Sekem de Artes y Ciencias Aplicadas | <ul style="list-style-type: none"> Isis Libra Lotus Hator Mizan | <ul style="list-style-type: none"> Sekem |
| Estados Unidos | <ul style="list-style-type: none"> | <ul style="list-style-type: none"> | <ul style="list-style-type: none"> Sundrop Farms Bayer | <ul style="list-style-type: none"> |
| Australia | <ul style="list-style-type: none"> | <ul style="list-style-type: none"> | <ul style="list-style-type: none"> Sundrop Farms | <ul style="list-style-type: none"> |

Fuente: Elaboración de Infyde a partir de una amplia búsqueda bibliográfica

Financiación de las iniciativas agrícolas en el desierto: El caso de Israel

El Gobierno de Israel promueve la investigación entre los centros educativos, centros de investigación y empresas para innovar e investigar nuevas técnicas agrarias. Prácticamente, la producción agrícola de Israel se da en zonas desérticas, por lo que, las técnicas innovadoras investigadas están orientadas a la mejora de los cultivos en estas zonas áridas.

La Universidad Ben- Gurion de Negev ha desarrollado el proyecto Agrisol, que ha sido apoyado por American Associates. El proyecto tiene como objetivo promover las prácticas agrícolas de alta tecnologías que sean eficientes y sostenibles con el medio ambiente. En este sentido, se ha implementado la tecnología necesaria para la desalinización del agua, implementando la energía solar para el bombeo del agua. Así, se ha conseguido implementar el agua salada en el regadío de los cultivos³⁰.

Este proyecto fue diseñado por el investigador Sam Josefowitz. Asimismo, ha realizado otras innovaciones e investigaciones en torno al desarrollo de técnicas sostenibles en la agricultura del desierto israelí.

La investigación del proyecto se llevó a cabo en el Valle de Arava, en Israel, al sur del Mar Muerto. La investigación se realizó en una instalación de producción de cultivos sostenibles y eficientes medioambientalmente en las zonas áridas. Se desarrollaron experimentos agrícolas en torno a la validez del agua para el riego. Además, el uso de la energía renovable para bombear el agua permitió reducir el consumo energético.

Financiación de las iniciativas agrícolas en el desierto: El caso de España

En el caso de **España**, la mayoría de iniciativas y proyectos de desarrollo agrario en el desierto vienen impulsadas por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Además, las iniciativas innovadoras y tecnológicas suelen estar agrupadas por la Política Agrícola Común (PAC), que es financiada con el Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER). En este contexto, se entiende que “*el FEADER es el instrumento de*

³⁰ Israel Ministry of Foreign Affairs (9 de Agosto de 2012) – Israeli desert farming with solar desalination. <https://mfa.gov.il/MFA/InnovativeIsrael/Pages/Freshwater-from-the-sun-9-Aug-2012.aspx>

financiación de la PAC que apoya las estrategias y proyectos de desarrollo rural”³¹.

*“La **Red Europea de Desarrollo Rural (REDER)** actúa como un centro de intercambio de información sobre la aplicación práctica de las políticas, programas, proyectos e iniciativas de desarrollo rural”³².*

La Asociación Europea para la innovación en materia de Productividad y Sostenibilidad Agrícola (AEI- AGRI) promueve las soluciones innovadoras creadas por los investigadores.

En este contexto, la **Región de Murcia**, implementa el Plan estratégico de la PAC para evitar el avance de la desertificación causada por el cambio climático y las escasez de recursos hídricos.

En **Andalucía**, se han desarrollado varios premios dedicados a la investigación y defensa de la agricultura y ganadería ecológica, como los Premios Andrés Núñez de Prado.

Estas iniciativas vienen impulsadas por el **Comité Andaluz de Agricultura Ecológica**. Las convocatorias están amparadas por los programas de nueva economía agraria.

España cuenta con una serie de fundaciones y cooperaciones que colaboran y cooperan con entidades públicas y privadas para la puesta en marcha de iniciativas innovadoras en la agricultura del desierto. En este contexto, la **Fundación Artemisan**, promueve la gestión y la conservación de especies de fauna y flora en el mundo rural a través de la investigación.

El **Grupo Operativo Supraautonómico de Agricultura sostenible y biodiversidad** (Agro hábitat) ha sido creado mediante la financiación del Programa Nacional de Desarrollo Rural financiado por el FEADER y el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Además, varias iniciativas están impulsadas también por la Asociación Europea para la innovación en materia de productividad y sostenibilidad agrícola (AEI- AGRI). En este contexto, Agro Hábitat agrupa a diferentes organizaciones, estableciendo alianzas estratégicas para innovar y potencializar la agricultura sostenible.

³¹ Unión Europea – Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural.

³² Unión Europea – Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural.

El grupo operativo pretende implantar sobre el territorio un sistema agroambiental de buenas prácticas agrícolas compatibles con el medio ambiente, incrementando la biodiversidad y frenando las consecuencias del cambio climático³³.

La asociación Agritech Murcia participa en un proyecto europeo (Drainuse Life) para la reutilización de drenajes en los cultivos sin suelo. De esta manera, se observa que, la colaboración entre asociaciones y empresas de diferentes países permite el desarrollo de nuevas técnicas y tecnologías para el fomento de la agricultura del desierto. Una empresa asociada a Agritech Murcia (Novedades Agrícolas) está desarrollando una iniciativa (Desert Farming) para frenar la desertificación y adecuando los terrenos y la agricultura a los nuevos cambios climáticos en colaboración con varias Universidades europeas como, la Universidad de Lieja, Bari, CEBSAS- CSIC y CREA.

Las empresas SDC y J. Huete situadas en las zonas áridas de Murcia y Almería, se dedican a la elaboración y desarrollo de invernaderos inteligentes. En este contexto, implementan las nuevas tecnologías en los invernaderos, permitiendo el uso de estas tecnologías para las nuevas técnicas de producción.

La Asociación de Turmicultura en colaboración con la Universidad de **Murcia**, Thade Biotechnology y Micosfera han llevado a cabo acciones formativas para conocer nuevas técnicas y tecnologías implementadas en la agricultura del desierto, especialmente en la producción de la trufa del desierto.

En **Sevilla**, el equipo científico de la Hispalense y el departamento de Ingeniería Aeroespacial y Mecánica de Fluidos de la Universidad de Sevilla, en colaboración con grupos de desarrollo local, han llevado a cabo la iniciativa Cooperación para la Implementación de técnicas de Agricultura de Precisión. Esta iniciativa está implementada con fondos FEADER, y tiene el objetivo de desarrollar la competitividad de la agricultura mediante la agricultura de precisión³⁴.

³³ Agro Hábitat – Grupo Operativo Supraautonómico para la agricultura sostenible y biodiversidad

³⁴ Agriculturers (6 de enero de 2016) – La agricultura de precisión pone las nuevas tecnologías a pie de parcela.

En conclusión, **las iniciativas puestas en marcha en materia de agricultura del desierto están financiadas por el FEADER**. Además, para los años posterior a 2020, se van a impulsar varias líneas de Ayudas Agroambientales específicas para las medidas propuestas en la nueva Política Agraria Común. Una vez obtenida la fuente de financiación, cada entidad público y privada previamente señaladas, desarrolla iniciativas para la investigación e innovación en materia de la agricultura del desierto.

Financiación de las iniciativas agrícolas en el desierto: El caso de Perú

En Perú, el Gobierno, a través del Ministerio de Agricultura, ha incluido programas de financiamiento de iniciativas para mejorar las condiciones del sector agropecuario y de los propios agricultores.

Para llegar a las iniciativas que no cubre la financiación privada, el Gobierno creó el Banco Agropecuario (Agrobanco). Agrobanco está gestionada por el Fondo Nacional de Financiamiento de la Actividad Empresarial del Estado (Fonafe) y busca promover y facilitar la concesión de créditos a los pequeños y medianos productores del sector agropecuario, incluyendo comunidades campesinas y nativas, y a las empresas comunales y multicomunales del sector.

Otra de las iniciativas del Gobierno fue Agroperú. Agroperú que permite dar cobertura de riesgos crediticios y otorgar financiamiento directo exclusivamente a los pequeños productores.

Financiación de las iniciativas agrícolas en el desierto: El caso de las zonas áridas de África

En las zonas áridas de África se está llevando a cabo un plan estratégico llamado “Acción contra la desertificación”. La Acción Contra la Desertificación es una iniciativa de las zonas áridas de África, Caribe y Pacífico, donde el objetivo es promover la gestión sostenible de las tierras, restaurando aquellas que están secas y degradadas. Esta iniciativa ha sido implementada por la FAO, contando con la financiación de la Unión Europea

en el marco del **Fondo Europeo de Desarrollo** (FED). Este proyecto implementa la iniciativa de la Gran Muralla Verde para el Sahara y Sahel³⁵.

El investigador Ibrahim Abouleish fundó una cooperativa (Sekem) al sur de El Cairo en 1977. La cooperativa investiga los temas relacionados con la agricultura biodinámica. Junto con los alimentos ecológicos, las empresas asociadas a la cooperativa producen productos con un sistema de producción ecológica. En la cooperativa se encuentra la productora de alimentos ecológicos (Isis) que cultiva cereales, arroz, verduras, pasta, miel, mermelada, dátiles, especias, hierbas aromáticas, té y zumos de frutas. Otra de las empresas asociadas (Libra), cultiva mediante procesos biodinámicos algodón y cereales. La empresa (Lotus) está dedicada al cultivo y procesamiento de plantas aromáticas mediante el uso de procesos eficientes y medioambientalmente sostenibles. Las dos últimas empresas de la asociación (Hator y Mizan) producen fruta fresca y semillas de verduras respectivamente³⁶. Además, la cooperativa lleva a cabo proyectos de investigación mediante la Academia Sekem de Artes y Ciencias Aplicadas.

Por último, el Gobierno de Japón transfiere conocimientos tecnológicos a los agricultores de las zonas áridas de África, especialmente a Senegal, con el objetivo de incorporar en el proceso productivo las nuevas tecnologías disponibles en el mercado que les permitan desarrollar y potencial la agricultura en estas zonas.

Financiación de las iniciativas agrícolas en el desierto: El caso de Estados Unidos

Tras los buenos resultados obtenidos por la implantación del invernadero con alta tecnología en Australia, el grupo Sundrop Farms ha diseñado la instalación de una nueva planta de aprovechamiento solar para los procesos productivos de la agricultura en el desierto. De esta manera, se aprovecha el sol, aprovechando eficientemente la eficiencia energética.

En la misma línea, la empresa alemana Bayer ha financiado la construcción de un invernadero de alta tecnología en Estados Unidos. La empresa Bayer está muy comprometida con la producción de alimentos sostenibles y la preservación de la tierra. En este contexto, Bayer realiza jornadas con

³⁵ FAO – Acción contra la Desertificación.

³⁶ Tecnología Hortícola – Agricultura sostenible en el desierto.

agricultores, académicos y expertos internacionales en el sector para conocer las nuevas tendencias y ver cuáles son las tecnologías que se van a requerir. En 2018, la empresa invirtió 2.300 millones de euros en I+D agrícola, esperando que, en los próximos años, la cuantía invertida vaya en incremento. Con estas inversiones, los investigadores y científicos, trabajan para el desarrollo de nuevas técnicas novedosas, como es la genética vegetal, la biotecnología y la protección de cultivos.

Mediante los avances tecnológicos de Bayer, se ha desarrollado una plataforma (Field View) que es líder en agricultura digital en Estados Unidos. La plataforma proporciona información agronómica clave a los productores para la mejora y la optimización de los cultivos³⁷.

Financiación de las iniciativas agrícolas en el desierto: El caso de Australia

La empresa Sundrop Farms ha desarrollado un invernadero que emplea la alta tecnología y la energía solar para la producción de hortalizas en el desierto de Australia. La tecnología que emplean es eficiente y respetuosa con el medio ambiente.

³⁷ Bayer (1 de noviembre de 2019) – Bayer apuesta por un equilibrio entre la producción de alimentos y la preservación del planeta como clave para una alimentación más sostenible.

I.2/ LA AGRICULTURA DEL DESIERTO EN CHILE

2.1/ Desarrollos frontera en Chile

El objetivo del apartado es **identificar las principales tendencias tecnológicas y no tecnológicas y desarrollos de frontera existentes a nivel nacional** en cuanto a la agricultura del desierto.

Las técnicas y prácticas que se dan en la producción agraria de las zonas áridas son muy novedosas, ya que implementan las últimas tecnologías del mercado. En este contexto, el desarrollo de la agricultura en estas zonas busca ser medioambientalmente sostenible y eficiente, implementando energías limpias o tecnologías que les permitan desarrollar la actividad de una manera más eficiente.

El **cambio climático y la desertificación están provocando un aumento de las zonas áridas y desérticas**. En este nuevo escenario climático los bordes del desierto se extenderán un promedio de 50 kilómetros, lo que prácticamente “empujará” hacia el sur, climas que hoy son propios de la zona central. “Estos cambios se manifestarán principalmente hasta el sur de la Araucanía”. La IV Región, por ejemplo, con su clima árido, de vegetación arbustiva, pero de excelencia para cultivos como las viñas, comenzará a mostrar un paisaje cada vez más parecido al desierto, donde será imposible sostener la agricultura tradicional. Santiago, en tanto, transitará de un clima semiárido a uno árido, exhibiendo un paisaje mucho más cercano al que conocemos hoy en la IV Región (ODEPA, 2013). Por ello, en **Chile** están investigando e innovando en nuevas técnicas para producir productos hortofrutícolas, **adaptándose a la situación climatológica**. Esta climatología afronta varias problemáticas: altas temperaturas y fuertes oscilaciones térmicas, escasez de recursos hídricos y mala calidad de los mismos, alta irradiación, suelos salinos, altos niveles de boro, fuertes vientos, plagas, baja humedad relativa, etc.

De entre estos, el principal problema puede ser el estrés hídrico. Para ello, Chile cuenta con varias plantas de desalinización del agua, convirtiendo el agua salada en agua dulce, para su uso en la agricultura, industria o centros

urbanos. Mediante este proceso, las zonas áridas pueden aumentar su agua disponible.

Las innovaciones tecnológicas transforman los procesos tradicionales existentes en la agricultura, desarrollando nuevos métodos que permiten dar respuesta a los retos. Con las inversiones en estas tecnologías se persigue aumentar el rendimiento de los cultivos y optimizar los recursos. En definitiva, la tecnología permite incorporar nuevas técnicas avanzadas en la agricultura del desierto, permitiendo el desarrollo eficiente de la agricultura.

A continuación, se mencionan cuáles son las técnicas que se están desarrollando en la agricultura del desierto de Chile, concretamente en la zona norte. Las técnicas que se desarrollan están ligadas a los objetivos y problemáticas previamente comentadas.

2.1.1/ Tendencias tecnológicas y de I+D+i

En este apartado se abordan las buenas prácticas y las técnicas utilizadas en Chile para el desarrollo de la agricultura en el desierto.

Tabla 3. Buenas prácticas y técnicas empleadas en la agricultura del desierto.

| Técnicas empleadas | Descripción |
|--|--|
| Establecimiento de los cultivos hidropónicos en las zonas áridas de Chile | Las innovaciones en la investigación en los sistemas hidropónicos han permitido la implementación y el desarrollo de la agricultura en las zonas áridas, empleando para su producción, las energías renovables. La hidroponía en Chile se ha desarrollado mediante diversas iniciativas privadas y públicas, logrando la producción de las hortalizas y frutas con el mínimo consumo de agua posible. |
| El uso de los atrapanieblas como nueva forma de regadío innovador | Los atrapanieblas tienen la capacidad para capturar unos 10 litros de agua al día. La zona norte de Chile está afectada por la problemática de la escasez de agua, afectando directamente sobre la agricultura. Para paliar con la problemática, en Copiapó se ha llevado a cabo un proyecto (Yakka) para facilitar el acceso de agua a través de atrapanieblas. El sistema de Atrapanieblas consiste en una estructura compuesta por dos postes anclados a la tierra, unidos por una malla que captura la neblina proveniente de la costa. Las gotas de agua contenidas en la neblina y atrapadas en la malla escurren hacia el suelo, pudiendo ser almacenadas para distintos usos. |
| Tratamiento del agua salada en las plantas de desalinización para la obtención de agua dulce apto para el regadío de los cultivos | Con el objetivo de abastecer el Desierto de Atacama con Agua dulce, se han desarrollado varias iniciativas con el objetivo de desalinizar el agua del mar para convertirlo en agua dulce. |
| Uso de los microorganismos como fertilizantes naturales y | El uso de los microorganismos naturales proporciona elementos útiles para la riqueza de los suelos cultivados. El equipo de investigación de la UC Davis en Chile, con la colaboración de la Universidad |

| Técnicas empleadas | Descripción |
|---|--|
| medioambientalmente sostenibles en los cultivos agrarios | de Tarapacá, han identificado una bacteria biológica para desarrollar la producción agrícola libre de agroquímicos. |
| La agricultura vertical en Chile | La agricultura vertical permite cultivar en bandejas colocadas en estanterías de varios pisos. Esta técnica puede ser de gran potencial en las zonas áridas, ya que, están ubicadas en recintos cerrados y con las condiciones óptimas para el cultivo. En Antofagasta se ha desarrollado algún proyecto de hidroponía vertical, aunque sus resultados aún no son óptimos. |
| La introducción de la energía solar fotovoltaica en la producción agrícola: Implementación de las bombas solares para el riego eficiente | El uso de fuentes de energías renovables ha permitido el desarrollo de la agricultura en las zonas áridas de Chile. En este sentido, en los procesos productivos se emplea la energía solar fotovoltaica. En la agricultura, esta técnica es utilizada para el bombeo de agua en los riegos y para la automatización de los sistemas de riego. |
| La Biotecnología vegetal como factor para la mejora de la productiva agrícola | La biotecnología agrícola engloba a la diversidad de instrumentos utilizados para evaluar y manipular las estructuras genéticas de los organismos que son utilizados en la posterior producción o elaboración de productos agrícolas ³⁸ . La biotecnología se usa para la resolución de todo tipo de problemas agrarios, para incrementar el rendimiento del cultivo, potenciar la resistencia frente a las plagas, la lucha contra condiciones adversas y el aumento del contenido de nutrientes de los alimentos. |
| El uso de controladores biológicos para el control de plagas | El control biológico de plagas agrícolas en zonas desérticas es una práctica factible de realizar a través del desarrollo de metodologías de crianzas, y programas de liberaciones masivas asociadas al monitoreo de plagas |

Fuente: Elaboración a partir de una amplia búsqueda bibliográfica

Establecimiento de los cultivos hidropónicos en las zonas áridas de Chile

Las innovaciones en la investigación en los sistemas hidropónicos han permitido la implementación y el desarrollo de la agricultura en las zonas áridas, empleando para su producción, las energías renovables. La hidroponía en Chile se ha desarrollado mediante diversas iniciativas privadas y públicas, logrando la producción de las hortalizas y frutas con el mínimo consumo de agua posible.

“La variabilidad química, biológica y física de los suelos se traduce en cambios en la fertilidad, retención de humedad y actividad biológica e influyen de manera importante el resultado productivo, sobre todo cuando se quiere llevar a las plantas a su desarrollo reproductivo, con baja carga de fruta, como en el caso de la producción de semillas”³⁹.

³⁸ Agroptima (27 de abril de 2016) - La biotecnología en el sector agrícola.

³⁹ Red Agrícola (octubre de 2017) – El despegue del cultivo sin suelo en Chile.

El **cultivo en sustrato** en Chile ha ido ganando cada vez más peso, especialmente el cultivo en **fibra de coco**. Este método se emplea en la producción de hortalizas (tomates) y semillas (berries y pimentón). Se han desarrollado diversos proyectos para la implementación e incorporación de esta tecnología. El cultivo en sustrato también se ha implementado en la producción de hortalizas de fruto. Mediante esta técnica, el cultivo no entra en contacto con enfermedades y bacterias que pueden extraerse por el contacto directo con la tierra.

La fibra de coco es un sustrato orgánico que permite la reducción de sulfatos químicos y el uso del agua en los cultivos.

Los agricultores del programa de Introducción del cultivo hidropónico de hortalizas bajo invernadero en las comunas del programa territorial de zonas rezagadas cultivan lechugas y tomates cherry⁴⁰. En este programa se ha trabajado con las fibras de coco, una técnica de cultivo novedosa para los agricultores del programa. Esta técnica supone un gran potencial para los agricultores, ya que, provienen de zonas con baja disponibilidad de recursos hídricos.

En la macrozona norte destaca el caso de Altos La Portada. Se trata de una experiencia de buenas prácticas en hidroponía realizada en esta localidad de la Región de Antofagasta. Esta experiencia comenzó en el año 2006 a través de 75 socios que poseía media hectárea para la explotación de cultivos hidropónicos. En la actualidad hay capacidad para albergar a unos 150 socios. Estos cultivan principalmente verduras y hortalizas como tomates, lechugas, pimentón, ají, zapallo italiano, pepino de ensalada, cebollín, ciboulette, albahaca o hierbas medicinales. Este proyecto destaca por la asociatividad de sus socios para el desarrollo. El agua lo reciben a través de sistemas de tuberías que vienen desde Mejillones, parte de agua desalada, recibiendo cada integrante unos 26 metros cúbicos al mes. Esta experiencia se verá más adelante en la caracterización de la agricultura en la macrozona norte.

⁴⁰ Portal agro de Chile (9 de enero de 2020) – Cultivo hidropónico de hortalizas: Pequeños agricultores aprenden a cultivar en fibra de coco. <https://www.portalagrochile.cl/2020/01/09/cultivo-hidroponico-de-hortalizas-pequenos-agricultores-aprenden-a-cultivar-en-fibra-de-coco-y-ahorran-agua/>

El uso de los atrapanieblas como nueva forma de regadío innovador

“El sistema de Atrapanieblas consiste en una estructura compuesta por dos postes anclados a la tierra, unidos por una malla que captura la neblina proveniente de la costa. Las gotas de agua contenidas en la neblina y atrapadas en la malla escurren hacia el suelo, pudiendo ser almacenadas para distintos usos”⁴¹.

La zona norte de Chile está afectada por la problemática de la escasez de agua, afectando directamente sobre la agricultura. Para paliar con la problemática, en Copiapó se ha llevado a cabo un proyecto (Yakka) para facilitar el acceso de agua a través de atrapanieblas. El sistema tradicional de atrapanieblas se compone de una gran malla sostenida en una estructura de dos postes y que captan el agua en sus redes y la deja caer a un canal. Los Yakka son módulos en forma de esfera con un diámetro de 60 cms., que se instalan sostenidos por un tubo a tres metros de altura. En su interior tienen una turbina que recolecta agua de la niebla, generando fuerza centrífuga, almacenando el agua y permitiendo el sistema de riego por goteo. Este atrapanieblas tiene capacidad para capturar unos 10 litros de agua al día por dispositivo, y en una sola hectárea pueden instalarse 2.880 dispositivos entre sí con una separación de 3 x 3 metros.

Aunque los atrapanieblas ya se han implementado en varios países, esta instalación de atrapanieblas cuenta con un nuevo sistema, permitiendo integrar tres funciones: la recolección del agua, el almacenamiento del agua y la dosificación de la misma.

“Los Yakka son módulos con forma de esfera, sostenidos por un tubo a tres metros de altura. En el interior tienen instalada una turbina que recolecta agua de la niebla, generando fuerza centrífuga, almacenando el agua y permitiendo el sistema de riego por goteo”⁴². De esta manera, se obtiene el agua a partir de la niebla y el rocío.

⁴¹ No determinado - Los atrapanieblas de Chile para recoger agua de las nubes. <http://www.ideassonline.org/public/pdf/AtrapanieblasChile2017-ESP.pdf>

⁴² El Definido (8 de mayo de 2017) – El atrapanieblas chileno que captura hasta 10 litros de agua al día. <https://eldefinido.cl/actualidad/pais/8489/El-atrapanieblas-chileno-que-captura-hasta-10-litros-de-agua-al-dia/>

En este contexto, se observa que, los atrapanieblas mitigan la sequía de la comunidad agrícola en el desierto de Chile.

En la localidad de Tal Tal (Región de Antofagasta), se ha realizado un proyecto de impacto⁴³, permitiendo cosechar las primeras olivas regadas con agua de niebla. A través de 5 Atrapanieblas de 150 m², generando un promedio anual de 700 mil litros de agua. La perspectiva de esta iniciativa es ir avanzando en esta tecnología, instalando nuevos atrapanieblas para la producción de otras hortalizas, frutas y semillas.

En la Región de Arica y Parinacota, en 2017 la compañía ENGIE Energía Chile instaló ocho sistemas de atrapanieblas a fin de captar, almacenar y distribuir el agua de las nubes, en colaboración con el Servicio de Agricultura de la Región. Los Atrapanieblas han permitido la producción de frutas como el mango, el limón, la pera, la guayaba y la manzana. Asimismo, se ha permitido el cultivo de hortalizas como el poroto verde, el repollo y el zapallo.

Tratamiento del agua salada en las plantas de desalinización para la obtención de agua dulce apto para el regadío de los cultivos

Para abastecer el Desierto de Atacama con Agua dulce, se han desarrollado varias iniciativas con el objetivo de desalinizar el agua del mar para convertirlo en agua dulce.

Las nuevas plantas desalinizadoras utilizan la tecnología por ósmosis inversa, donde se utiliza una membrana semipermeable para eliminar iones, moléculas y partículas, creando agua dulce.

Aunque existen diversas plantas de desalinización, estas mayoritariamente están pensadas para el consumo humano y el uso industrial, debido a su alto coste y poca rentabilidad. Por ello, para los regadíos de los cultivos en el desierto, se utilizan otras técnicas, como, por ejemplo, la reutilización de aguas residuales tratadas para fines agrícolas. Sin embargo, cabe destacar que, algunos cultivos de gran valor emplean la desalinización del agua, mediante

⁴³ INIA – Agricultores reciben agua a través de sistema de atrapanieblas para producción olivícola. <https://www.inia.cl/blog/2019/11/26/agricultores-reciben-agua-a-traves-de-sistema-de-atrapanieblas-para-produccion-olivicola/>

las subvenciones e inversiones en este aspecto, y que con el continuo descenso en los costes de esta tecnología, en el futuro podrían utilizarse de manera más general para el uso agrícola.

Uso de los microorganismos como fertilizantes naturales y medioambientalmente sostenibles en los cultivos agrarios

El uso de los microorganismos naturales proporciona elementos útiles para la riqueza de los suelos cultivados.

El equipo de investigación de la UC Davis en Chile, con la colaboración de la Universidad de Tarapacá, han identificado un microorganismo para desarrollar la producción agrícola libre de agroquímicos⁴⁴. Esta bacteria ha sido entregada a los agricultores de la región de Arica y Parinacota (regiones ubicadas en el desierto, con diferentes problemáticas para el desarrollo de la agricultura, como son las altas concentraciones salinas y de boro en el suelo cultivable y en el agua). En este contexto, el grupo de investigadores han empleado microorganismos naturales del Desierto de Atacama, con el objetivo de desarrollar técnicas que pudieran asegurar la producción agrícola en la zona.

El uso de esta iniciativa permitirá en un futuro, la producción de frutas y hortalizas más limpias, con una reducida carga de agroquímicos, pudiendo cultivarlas en diferentes zonas.

María González Teuber y su equipo de investigadores de la Universidad Católica de la Santísima Concepción, han aislado los hongos asociados a la quinua, como, *Penicillium*, que ayudan a lidiar con la sequía, al afectar los cambios en la biomasa de la raíz, y con la salinidad al mitigar los impactos negativos en el rendimiento fisiológico. En *P. chilensis*, *Penicillium* proporcionó mejoras fisiológicas que condujeron a un mayor crecimiento de la planta.

⁴⁴ Portal Frutícola (8 de junio de 2020) – Identifican bacteria que potencia y protege cultivos en condiciones extremas. <https://www.portalfruticola.com/noticias/2020/06/08/identifican-bacteria-que-potencia-y-protege-cultivos-en-condiciones-extremas/>

Por su parte, C. Santander y su grupo de investigadores de la Universidad Arturo Prat, han aislado micorrizas asociadas a especies nativas como, la *Azorella compacta*, implementándolas en el cultivo de melones.

La agricultura vertical en Chile

La agricultura vertical permite cultivar en bandejas colocadas en estanterías de varios pisos. Esta técnica puede ser de gran potencial en las zonas áridas, ya que, están ubicadas en recintos cerrados y con las condiciones óptimas para el cultivo⁴⁵. Las hortalizas y vegetales producidos con agricultura vertical están libres de pesticidas. Además, requieren menos cantidad de agua para la cosecha, suponiendo un aspecto muy relevante en aquellas zonas donde escasea los recursos hídricos.

La introducción de la energía solar fotovoltaica en la producción agrícola: Implementación de las bombas solares para el regadío eficiente

El uso de fuentes de energías renovables ha permitido el desarrollo de la agricultura en las zonas áridas de Chile. En este sentido, en los procesos productivos se emplea la energía solar fotovoltaica. En la agricultura, esta técnica es utilizada para el bombeo de agua en los regadíos y para la automatización de los sistemas de los mismos⁴⁶.

El proyecto “Energía Sustentable para Agricultura Intensiva bajo Condiciones de Zonas Áridas y Alta Radiación Solar”, desarrollado en la región de Arica y Parinacota, consistió en el desarrollo, diseño, implementación y evaluación de las soluciones energéticas en cuanto a las energías renovables, incluyendo, asimismo, las medidas de eficiencia energética y la adopción de buenas prácticas agrícolas para los sistemas productivos hortícolas.

⁴⁵ La Tercera (29 de enero de 2019) – Los empresarios chilenos que idearon un sistema para sembrar verticalmente. <https://www.latercera.com/que-pasa/noticia/los-empresarios-chilenos-idearon-sistema-sembrar-verticalmente/504696/>

⁴⁶ Ministerio de Agricultura, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (2016) – Aplicaciones de energía solar fotovoltaica en la agricultura de zonas áridas. http://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/31637/INIA_Libro_0093.pdf?sequence=1

La Biotecnología vegetal como factor para la mejora de la productivas agrícola

El principal resultado de las investigaciones científicas realizadas en el desierto de Atacama, muestran que la biotecnología podría mejorar la productividad agrícola y frenar la sequía de varias zonas del país.

El investigador Armando Azúa investigó cómo se adaptan distintos microorganismos a la escasa disponibilidad del agua. El uso específico de una bacteria inyectada en el cultivo permite captar la energía mediante la fotosíntesis. Así, esta bacteria empieza a producir cantidades masivas de azúcares, como la sucrosa. Este azúcar crea pantallas entre las diferentes moléculas para evitar que se agreguen, permitiendo que la célula siga funcionando, aunque permanezca una cantidad de días significativos sin agua⁴⁷.

La sequía y salinidad continúan siendo las problemáticas principales en la productividad agrícola, en especial en zonas desérticas. Por ello, la biotecnología se ve como potencial para solucionar el problema. Asimismo, la biotecnología es utilizada para reducir el efecto causado por hongos, bacterias, nematodos y otros patógenos en los cultivos. Mediante su aplicación la resistencia de los cultivos frente a las enfermedades aumenta. De esta manera, los cultivos biotecnológicos permiten el cultivo directo.

La biotecnología está ayudando a la producción de cultivos que resisten al ataque de determinados insectos. Entre los ejemplos, destaca el maíz, cuyas variedades se han ido modificando para incorporar una proteína insecticida.

El uso de controladores biológicos para el control de plagas

El **control biológico de plagas agrícolas** en zonas desérticas es una práctica factible de realizar a través del desarrollo de metodologías de crianzas, y programas de liberaciones masivas asociadas al monitoreo de plagas. El control biológico en el desierto del norte de Chile se ha desarrollado con especies bio-controladoras locales, éstas se encuentran genéticamente

⁴⁷ Chile BIO (Biotecnología para una agricultura sostenible) (12 de abril de 2017) – Investigaciones en el desierto de Atacama podrían ayudar a la agricultura a enfrentar la sequía. <https://www.chilebio.cl/2017/04/12/investigaciones-en-el-desierto-de-atacama-podrian-ayudar-a-la-agricultura-a-enfrentar-la-sequia/>

adaptadas a las condiciones ambientales extremas, propias de este tipo de clima. Un ejemplo de esto son los ácaros fitófagos que atacan tanto a frutales, hortalizas y especies forrajeras como la alfalfa. En los ecosistemas de la Región de Tarapacá existen varias especies nativas y endémicas de ácaros depredadores que podrían ser explotados comercialmente, como *Cydnodromus picanus* (Ragusa 2000; Ragusa et al., 2000; Rioja y Vargas, 2009; Tello et al., 2009; Tello et al., 2017) y *Neoseiulus tarapacensis* (Peralta y Tello, 2019). Incluso, existen otros depredadores de ácaros como los microcoleópteros *Stethorus histrio* (Rioja et al. 2015) y además especies de crisopas (*Chrysoperla* sp.) adaptados a condiciones extremas locales, los cuales presentan gran interés hortofrutícola a nivel nacional e internacional. Por otro lado, el grave problema ocasionado por las moscas blancas en cítricos y hortalizas puede ser manejado con liberaciones del parasitoide *Eretmocerus* sp. presente en el Oasis de Pica (Tello et al., 2014), con gran potencial para su explotación y venta a nivel regional y nacional.

Adicionalmente, se debe mencionar el potencial que presenta la Región de Tarapacá como laboratorio in vivo para el desarrollo de nuevas tecnologías alternativas a los agroquímicos en base a investigaciones en ecología química, a través de la identificación de semioquímicos emitidos por plantas, los cuales pueden ser utilizados en dispositivos como cebos atrayentes de plagas y enemigos naturales, similares a las trampas de feromonas actualmente utilizadas, pero con la ventaja que los semioquímicos atraen machos y hembras de la plaga a controlar, y además, pueden ser usados para incrementar la llegada de biocontroladores a un cultivo (Rioja et al., 2018; Rioja et al., 2019)

2.1.2/ Tendencias productivas

Las nuevas tecnologías en la agricultura del desierto han permitido el cultivo de productos en Chile como azafrán, tomates, quinua, vino del desierto o microalgas.

Un grupo de investigadores de la Universidad de Chile⁴⁸, situada en Coquimbo, estudia diversas especies vegetales como la jojoba, la higuera, el granado y la alcaparra para su explotación en tierras desérticas de la zona. En los estudios realizados, se extrae que la desertificación va en aumento, por lo que se requerirá de más cultivos adaptados a las condiciones de estrés hídrico. Del mismo estudio se destaca que se deben de cultivar las especies más aptas para estas zonas, es decir, especies resistentes a este tipo de condiciones y que no compitan con suelos destinados a otras.

Gracias a las condiciones de alta radiación solar y los amplios terrenos, estas zonas áridas se han convertido en tierras de investigación y desarrollo para el cultivo de microorganismos. La producción de la microalga se realiza en estanques de 20 cm de profundidad. Estas microalgas están en constante movimiento, así, todos los microorganismos pueden recibir luz solar. Además de estos cultivos, se ha desarrollado la producción de microalgas para biocombustibles⁴⁹. En ese sentido, Corfo ha financiado algunos proyectos con el objetivo de innovar en este campo.

Sin embargo, la producción de las microalgas es compleja. Es por ello por lo que colaboran equipos biólogos y químicos conjuntamente, controlando los factores como el pH, el oxígeno disuelto, la salinidad y el nivel de nutrientes. En este contexto, Solarium Biotechnologies ha puesto a disposición de los investigadores su planta de producción, con el objetivo de realizar las pruebas necesarias en esa materia. Atacama Bio Natural Products ha invertido en la producción de la astaxantina natural, una microalga natural.

La Universidad Arturo Prat detectó la oportunidad de cultivar el azafrán, conocido como “oro rojo” del agro, en la Pampa del Tamarugal. El valor de este cultivo puede alcanzar los dos millones de pesos por kilo. Sus propiedades medicinales y aromáticas son muy apreciadas en todo el

⁴⁸ <https://www.consumer.es/medio-ambiente/agricultura-en-el-desierto.html>

⁴⁹ AQUA – Cultivo de microalgas. <https://www.aqua.cl/reportajes/cultivo-de-microalgas-pequenas-de-alta-sofisticacion/#>

mundo⁵⁰. De este modo, se espera que el cultivo del azafrán en el desierto produzca mayores cantidades, pudiendo acceder a nuevos mercados.

La Pampa del Tamarugal (Tarapacá) ha sido considerado para la producción del azafrán a gran escala. De esta manera, la zona albergaría una nueva producción, agregándola a las producciones existentes del capulí, del tumbo, del vino, de las frutas tropicales, de las flores, de la quinua y de diferentes hortalizas⁵¹.

Otro ejemplo de investigación e innovación en el desierto y que es financiado por el FIA, es el proyecto desarrollado por Kelumilla SpA y la Universidad Arturo Prat. Además, cuentan con la empresa Phoenix Agrotech de USA como asociado comercial. El objetivo general de proyecto es contribuir al desarrollo de la agroindustria datilera en el norte de Chile, mediante la utilización de técnicas de propagación in vitro y la adaptación de las variedades introducidas a las condiciones climáticas de la zona norte de Chile.

Este proyecto propone una alternativa más eficiente que los métodos de producción tradicional a través del cultivo in vitro. A corto plazo (5 años), se propone desarrollar las condiciones necesarias para el cultivo de 2.000 palmas en 20 ha, lo que significaría a pleno régimen (años 8 a 10) una producción de 200.000 kg. Un análisis climatológico realizado en la zona reveló que el área con condiciones adecuadas para este cultivo en el norte de Chile abarca desde Arica a Calama⁵². En este contexto, se puede observar el potencial de escalabilidad del proyecto, que permitirá el desarrollo de una nueva agroindustria en el norte del país.

Los investigadores de la Universidad de Chile han desarrollado diferentes proyectos agrícolas en el desierto de Atacama. De esta manera, se pretende albergar diferentes producciones agrarias como la de los pimientos, tamarugos, chañares y taras. Así, la consecución de los proyectos colabora activamente en la lucha contra la desertificación e incentiva la reutilización del agua.

⁵⁰ FIA (Noviembre 2017). Inédito Cultivo de azafranes en el desierto gracias a proyecto de innovación. <http://www.fia.cl/inedito-cultivo-de-azafranes-en-el-desierto-gracias-a-proyecto-de-innovacion/>

⁵¹ Fundación para la Innovación Agraria, Ministerio de Agricultura – Inédito cultivo de azafranes en el desierto gracias a los proyectos de innovación. <http://www.fia.cl/inedito-cultivo-de-azafranes-en-el-desierto-gracias-a-proyecto-de-innovacion/>

⁵² Escobar et al. (2002)

La Universidad Arturo Prat, el jardín botánico (Antofagasta), la empresa Arkitacos SrL y pequeños agricultores de Taltal, ejecutan un proyecto financiado por el FIC de Antofagasta. Este proyecto busca valorizar la biodiversidad para convertirla en una alternativa de producción de plantas ornamentales, lo que implicará a futuro, una disminución del consumo de agua en plazas y jardines en un 50%. Por otro lado, también se identifica dicho proyecto como una innovación social, ya que, involucra a los pequeños agricultores de Taltal que no cuentan con muchas perspectivas de crecimiento agrícola, ya que, el recurso de agua es escaso y no se puede desarrollar de una manera eficiente la agricultura extensiva. En ese sentido, el proyecto busca valorizar estas especies mediante la instalación de viveros en su conjunto con las comunidades, convirtiendo el sector de Taltal en polo de desarrollo dedicado a la producción de plantas en zonas áridas, lo que es particularmente relevante, si se considera el contexto del cambio climático mundial y en particular, debido a lo escaso del recurso hídrico en las zonas norte y central de Chile.

Entre los años 2010 y 2012, la empresa minera Lomas Bayas (Xstrata), financió el Programa de Investigación y Asistencia Técnica (PIAT) para apoyar el desarrollo agrícola de Calama, cuyo principal problema es la falta de agua y el alto contenido de boros y sales. Esto, restringe las alternativas agrícolas a la producción del maíz y la alfalfa. El programa PIAT se dividió en cuatro grandes áreas: **a)** investigación agrícola y agroindustrial; **b)** parcelas demostrativas; **c)** asistencia técnica del tipo agrícola y pecuaria y **d)** capacitaciones. Cada una de las áreas tuvo un profesional encargado de llevar a cabo las actividades y seguimiento, con el objetivo de que se cumpliera lo establecido para cada una de ellas.

La **investigación agrícola** se centró en la búsqueda de nuevas alternativas agrícolas tolerantes a las condiciones o tecnologías que permitiera atenuar el problema de sales, boro y arsénico a nivel de cultivos como la quinua, el brócoli y el espárrago. La metodología empleada en el área de agroindustria se dividió en **dos etapas, la primera** de ellas fue **la caracterización** de los tipos de vaina según sus aptitudes agroindustriales. La **segunda** etapa, consistió en **determinar los protocolos de obtención de los productos** factibles de elaborar a partir de las vainas de los árboles seleccionados. Durante esta etapa se sometieron personas al azar a paneles de degustación para clasificar las preferencias. Los protocolos establecidos fueron chocolate, algarrobina, sucedáneo de café, harina, pan y queque de algarrobo. También

se establecieron parcelas o unidades demostrativas sobre el manejo de técnicas de riego y fertirriego, mejorando los componentes y la calidad del suelo e introduciendo nuevas técnicas de cultivos. Toda esta información fue transferida mediante procesos de asistencia personalizada y capacitaciones grupales como talleres y días de campo.

Por otra parte, INDAP en conjunto con Codelco, en el año 2014, financiaron la investigación denominada: “Asesoría en el uso eficiente de los suelos a través del aumento de superficie destinada a la siembra de quinua en la localidad de Chiu-Chiu” y ejecutada por la Universidad Arturo Prat. Los objetivos de la investigación fueron: **a)** Innovar en las tecnologías de producción y **b)** procesamiento para convertir la quinua en producto competitivo y complementario a la zanahoria en el sistema de producción agrícola en Chiu Chiu. Los resultados obtenidos reflejan claramente que los desarrollos de tres selecciones de quinua son iguales hasta la etapa reproductiva. Éstas solo se diferencian en el momento de comenzar a llenar el grano, determinando que la quinua Pandela posee una velocidad de maduración menor que la selección de la quinua Amarilla y Socaire.

2.1.3/ Tendencias no tecnológicas en el ámbito de la formación y la investigación

En este apartado se abordan cuestiones relacionadas con la formación y los grupos de investigación en torno a la agricultura del desierto para Chile.

La minera Lomas Bayas apoya a los pequeños agricultores de Calama, mediante su participación en dos iniciativas. La primera iniciativa, fortalece la capacidad organizativa, de gestión y de comercialización de los agricultores. La segunda iniciativa, en cambio, consiste en el desarrollo de varios programas de innovación y transferencia tecnológica para aumentar la productividad y eficiencia del sector. Esta segunda iniciativa está liderada por la Fundación Chile. El objetivo que persigue el cumplimiento y desarrollo de estas dos iniciativas es contribuir a la mejora de la calidad de vida de los integrantes de la Asociación de Agricultores de Calama (ASAC), innovado en procesos agrícolas, especialmente en el oasis de Calama⁵³.

Las alianzas promueven el trabajo asociativo y fortalecen el compromiso y la participación de los diferentes agentes. Mediante estas alianzas, se accede a nueva tecnología y equipamientos que son distribuidos entre los agricultores, como, por ejemplo, herramientas para fortalecer la comercialización de los productos.

La colaboración internacional (realizada en 2017) entre España y la región de Antofagasta ha permitido potenciar la agricultura en el desierto mediante el uso de agua salada en el regadío. Esta colaboración ha permitido a su vez, la transferencia del capital humano y el desarrollo de nuevas tecnologías en la región de Antofagasta⁵⁴.

Al principio del informe se ha comentado que, el documento también se especializa en el análisis de dos regiones chilenas, Antofagasta y Tarapacá.

⁵³ Consejo Minero – Agricultura sustentable en el desierto. <https://consejominero.cl/plataforma-social/agricultura-sustentable-en-el-desierto-2/>

⁵⁴ UCN (1 de septiembre de 2017) – Colaboración internacional potenciará la agricultura con agua del mar en el desierto de Atacama. <http://www.noticias.ucn.cl/destacado/colaboracion-internacional-potenciara-agricultura-con-agua-de-mar-en-el-desierto-de-atacama/>

A continuación, se observa una tabla informativa donde se mencionan algunos de los proyectos de investigación que se han llevado a cabo en cada región en materia de agricultura del desierto.

Tabla 4. Proyectos de investigación que se han llevado a cabo en las zonas áridas de la zona norte de Chile (Regiones de Antofagasta⁵⁵, Tarapacá⁵⁶, Coquimbo⁵⁷, Arica y Parinacota⁵⁸ y Atacama⁵⁹) para el impulso y el desarrollo de la agricultura del desierto.

| Regiones | Iniciativa | Tipo de Iniciativa | Ejecutor | Año |
|-------------|---|---|--|------|
| Antofagasta | Estudio de la factibilidad técnica de cultivar hortalizas, acelga y tomate cherry, con agua de mar empleando riego por capilaridad. | Estudio | Universidad Católica del Norte | 2016 |
| | Captura de conocimientos para mejorar procesos de comercialización de hortalizas hidropónicas producidas en el desierto. | Giras tecnológicas | Productora Santos Buenos E.I.R.L. | 2015 |
| | Intercambio de experiencias productivas y asociativas en el ámbito de las realidades público-privadas de la AFC. | Giras tecnológicas | Universidad del Bío Bío | 2016 |
| | Transferencia tecnológica para desarrollar un modelo innovativo de gestión, producción sustentable y articulación comercial de la cooperativa de agricultores hidropónicos Altos de la Portada. | Giras tecnológicas | Cooperativa de Agricultores Hidropónicos Altos La Portada (COOPAHIDRALP) | 2017 |
| | Implementación de una plataforma web de difusión y un etiquetado nutricional certificado, como estrategia de la Cooperativa de Agricultores Hidropónicos Altos La Portada para ingresar a nuevos mercados locales de alimentación saludable en la Región de Antofagasta. | Innovación en marketing agroalimentario | Cooperativa de Agricultores Hidropónicos Altos La Portada (COOPAHIDRALP) | 2017 |
| | Posicionamiento y mejora de marca de producto Cooperativa Campesina Hidropónica de Quillagua. | Innovación en marketing agroalimentario | Cooperativa Campesina Hidropónica de Quillagua | 2017 |
| | Producción de trucha arcoiris y hortalizas de tipo gourmet mediante técnica de acuaponía para el sector Precoordinerano de San Pedro de Atacama, como modelo de producción ecológica para mercados locales. Adaptación y puesta a punto de la técnica de acuaponía para la transferencia tecnológica. | Proyectos | Universidad de Antofagasta | 2012 |
| | Invernadero experimental de cultivo hidropónico de hierbas aromáticas (condimentos gourmet) en Alto de la Portada de la ciudad de Antofagasta. | Proyectos | Incanor | 2012 |
| | Patrimonio alimentario de la tierra y del mar de la Región de Antofagasta. | Proyectos | Fundación de Sociedades Sustentables | 2015 |
| | Licores Nativos del Desierto de Atacama. | Proyectos | Universidad de Antofagasta | 2015 |

⁵⁵ Fundación para la Innovación Agraria (Ministerio de Agricultura) – Iniciativas de Innovación Agraria, Región de Antofagasta. <http://www.fia.cl/regiones-de-chile-e-innovacion-agraria/region-antofagasta/>

⁵⁶ Fundación para la Innovación Agraria (Ministerio de Agricultura) – Iniciativas de Innovación Agraria, Región de Tarapacá. <http://www.fia.cl/regiones-de-chile-e-innovacion-agraria/region-tarapaca/>

⁵⁷ Fundación para la Innovación Agraria (Ministerio de Agricultura) – Iniciativas de Innovación Agraria, Región de Coquimbo. <http://www.fia.cl/regiones-de-chile-e-innovacion-agraria/region-coquimbo/>

⁵⁸ Fundación para la Innovación Agraria (Ministerio de Agricultura) – Iniciativas de Innovación Agraria, Región de Arica y Parinacota. <http://www.fia.cl/regiones-de-chile-e-innovacion-agraria/region-arica-y-parinacota/>

⁵⁹ Fundación para la Innovación Agraria (Ministerio de Agricultura) – Iniciativas de Innovación Agraria, Región de Atacama. <http://www.fia.cl/regiones-de-chile-e-innovacion-agraria/region-atacama/>

| Regiones | Iniciativa | Tipo de Iniciativa | Ejecutor | Año |
|--|--|---|---|-------------------------|
| | Fortalecer los procesos de innovación y competitividad de la ganadería camélida de la Agricultura Familiar Campesina (AFC) en las localidades de San Pedro de Atacama, Alto El Loa y Ollagüe. | Proyectos | Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias | 2015 |
| | Elaboración de un Atlas Agroclimático de Chile para la Sustentabilidad de la Agricultura en un Contexto de Cambio Climático. | Proyectos | Universidad de Chile | 2016 |
| | Inmunoestimulantes para la industria salmonera a partir de cultivos sustentables de microalgas. | Proyectos | Universidad Santo Tomás | 2016 |
| | Producción olivícola sustentable de la pequeña agricultura mediante gestión de agua de riego generada por sistemas atrapanieblas en el desierto costero de Antofagasta. | Proyectos | INIA Instituto de Investigaciones Agropecuarias | 2016 |
| | Programa de Capacitación en el uso eficiente del Recurso Hídrico para técnicos y profesionales agroforestales de la Región de Antofagasta. | Formación | Universidad de Chile | 2017 |
| | Programa de Investigación, capacitación y asistencia técnica para el Oasis de Calama (Xstrata Lomas Bayas). | Investigación, Asistencia técnica | Universidad Arturo Prat-Lomas Bayas | 2009 - 2012 |
| | Estudio sobre el uso de aguas servidas tratadas para la diversificación de la matriz productiva en el sector poniente de Calama y determinación de la Unidad mínima económica (INDAP). | Investigación y Asistencia técnica | Universidad Arturo Prat | 2011 - 2013 |
| | Programa de Investigación; Asistencia Técnica y Desarrollo de la agricultura y Biodiversidad en la Comunidad quechua de Estación San Pedro (Yaku Jallo) (CODELCO). | Investigación y Asistencia técnica | Universidad Arturo Prat | 2012 - 2013 |
| | Introducción del cultivo de la quinua en Chiu Chiu Calama (Jefe de proyecto: INDAP-Corduna). | Investigación y Asistencia técnica | Universidad Arturo Prat | 2012 |
| | Asesoría en el uso eficiente de los suelos a través del aumento de superficie destinada a la siembra de quinua en la localidad de Chiu-Chiu (INDAP-CODELCO.) | Investigación y Asistencia técnica | Universidad Arturo Prat | 2013 - 2014 |
| | Propagación de Especies Nativas Asociadas al Ecosistema de Taltal y Fortalecimiento de una Conciencia Comunitaria de Conservación (Ilustre Municipalidad de Taltal). | Investigación y Asistencia técnica | Universidad Arturo Prat | 2016 - 2017 |
| | Unidad de xerojardinería utilizando especies del ecosistema de Taltal. | Investigación y Asistencia técnica | Universidad Arturo Prat | 2017 |
| | Eficiencia en el uso del recurso hídrico para el riego de áreas verdes urbanas utilizando xerojardinería para valorizar y conservar especies endémicas en peligro de extinción de la zona costera de la región de Antofagasta (FIC Antofagasta). | - | - | 2020 - 2021 |
| | Tarapacá | Validación de Tecnologías de riego en San Pedro de Atacama (ODEPA). | Investigación y Asistencia técnica | Universidad Arturo Prat |
| Formulación y desarrollo de plan de negocios para la producción de plantas ornamentales y servicios asociados al establecimiento de áreas verdes y recreacionales en zonas desértico-costeras (D00T2044 – FONDEF – CONICYT). | | Investigación y Desarrollo | Universidad Arturo Prat | 2001 |
| Centro del Hombre en el Desierto (GORE TARAPACÁ y CONICYT). | | Investigación y Desarrollo | Universidad Arturo Prat- Universidad de Tarapacá | 2002 |
| Agricultura en el desierto desde sus orígenes al futuro (CONICYT y EXPLORA ED9/04/070). | | Formación | Universidad Arturo Prat | 2004 |

| Regiones | Iniciativa | Tipo de Iniciativa | Ejecutor | Año |
|----------|--|------------------------------------|--|-------------------|
| | Validación de nuevas Alternativas Hortofrutícolas para la I. región (Investigador asociado CORFO y Fundación Chile). | Investigación y Asistencia técnica | Universidad Arturo Prat | 1999 |
| | Innovación tecnológica y creación de una unidad de negocios para la producción mejorada de quinua en la comunidad de Ancovinto, Altiplano de la Provincia de Iquique (FIA- PI- C- 2004- 1- A- 079). | Investigación y Asistencia técnica | Universidad Arturo Prat | 2005 |
| | Asociación entre diversidad genética, calidad y cantidad de saponinas y respuesta al fotoperíodo en accesiones chilenas de <i>Chenopodium quinua willd</i> (1060281 FONDECYT y CONICYT). | Investigación básica | CEAZA Universidad Católica- INIA Universidad Arturo Prat | 2005 |
| | Modelo de gestión territorial para el desarrollo de una agricultura de producción natural orgánica de quinua y sus derivados, plantas medicinales, aromáticas y condimentarias (Código FIA PIT 2007-008). | Investigación y Asistencia técnica | Universidad Arturo Prat | 2007 |
| | Tolerant strategies of quinua plants under salt stress (ICGEB TWAS Joint Plant: Biotechnology Programme. CRP.PB/CHI06-01). | Investigación básica | CEAZA Universidad Arturo Prat | 2006 |
| | Efectos de la disponibilidad de agua y de la temperatura sobre la fisiología de la planta, la producción y composición de gel de <i>Aloe barbadenses Miller</i> (<i>Aloe vera</i>) (1070899 FONDECYT y CONICYT). | Investigación básica | Universidad de Chile Universidad Arturo Prat | 2007 |
| | “Quinua” eje del desarrollo sustentable para los aymaras del altiplano chileno (Unión Europea). | Investigación básica | Universidad Arturo Prat | 2010 - 2011 |
| | Diplomado en Gestión e Innovación Tecnológica para el uso sostenible de los Recursos Naturales Renovables en zonas áridas y desérticas (CONICYT DIP 160016). | Formación capital humano avanzado | Universidad Arturo Prat | 2017 - 2018 |
| | Transferencia Generación de Capital Humano con Competencias en Explotación Caprina (FIC). | Investigación y Asistencia técnica | Universidad Arturo Prat | 2014 - 2016 |
| | Innovación del tipo social-productiva en torno a la Articulación de la oferta de leche de los ganaderos de la Pampa del Tamarugal para la producción de quesos de cabras con sabores regionales (FIA Código PYT- 2017-0806). | Investigación y Asistencia técnica | Universidad Arturo Prat | 2017 - 2019 |
| | Producción de dátiles en el norte grande a partir de palmeras propagadas in vitro (Alterno, FIA PYT-2019-0560). | Investigación y Asistencia técnica | Universidad Arturo Prat | 2019 - 2022 |
| | Estudio para optimizar la gestión comercial de los agricultores de la Región de Tarapacá, por medio de un encadenamiento productivo. | Estudios | Corporación Nacional de Desarrollo Sostenible (CONADES) | 2015 |
| | Seminario Internacional Producción Agrícola Sustentable en Zonas Áridas. | Eventos para la Realización | Universidad Arturo Prat | 2015 |
| | Riego del agua residual urbana tratada, una posibilidad para el desarrollo agrícola para zonas áridas y semiáridas. | Eventos para la Realización | Universidad Arturo Prat | 2016 |
| | Intercambio de experiencias productivas y asociativas en el ámbito de las realidades público-privadas de la AFC. | Giras Tecnológicas | Universidad del Bío Bío | 2016 |
| | Gira tecnológica de innovación para el fortalecimiento de la producción y comercialización de la quinua en Chile. | Giras Tecnológicas | Pontificia Universidad Católica de Chile | 2017 |

| Regiones | Iniciativa | Tipo de Iniciativa | Ejecutor | Año |
|--|---|---|--|---|
| | Gira de cooperativas en vías a la certificación orgánica del Oasis de Pica, para complementar una mirada agroecológica en el manejo predial. | Giras Tecnológicas | Unión Nacional de la Agricultura Familiar | 2017 |
| | Diseñar plan de marketing para producción de hortalizas de cuarta gama en la localidad de Pintados, Región de Tarapacá. | Estudios | Gerardo Eliseo Cortés Santibáñez | 2016 |
| | Rediseño de imagen de marca y plan de marketing para Kochi Kurruf, productos derivados de la vaina del alga. | Innovación en Marketing Agroalimentario | Isis Carolina Navarro Carrasco | 2016 |
| | Desarrollo, pruebas y validación de dispositivo generador electromagnético para mejorar rendimiento de cultivo. | Proyectos | Centro de Tecnología del Agua | 2013 |
| | Riego de agua servida para la producción de flores de corte en un sistema aeropónico recirculante. | Proyectos | Universidad Arturo Prat | 2015 |
| | Elaboración de un Atlas Agroclimático de Chile para la Sustentabilidad de la Agricultura en un Contexto de Cambio Climático. | Proyectos | Universidad de Chile | 2016 |
| | Gestión de un proceso de auto certificación orgánica para la producción comunitaria de quinua en el Altiplano de la Región de Tarapacá. | Proyectos | Pontificia Universidad Católica de Chile | 2016 |
| | Diversificación de la oferta agrícola en la Provincia del Tamarugal a través de la introducción del cultivo del azafrán (<i>Crocus sativus</i> L) en el desierto chileno. | Proyectos | Universidad Arturo Prat | 2016 |
| | Determinación del impacto de las cubiertas de mallas foto selectivas en las variables eco fisiológicas incidentes en el proceso productivo y en la demanda de recurso hídrico en el cultivo de Limón de Pica, comuna de Pica, Región de Tarapacá. | Proyectos | Universidad Arturo Prat | 2017 |
| | Recuperación del cultivo de Tumbo (<i>Pasiflora tripartita</i>) en la zona precordillerana de la Quebrada de Aroma en la región de Tarapacá, mediante la utilización de sustratos de origen orgánico bajo dos sistemas de riego. | Proyectos | Universidad Arturo Prat | 2017 |
| | Desarrollo de cultivos bajo invernadero y sin suelo con alto valor comercial como alternativa productiva hortofrutícola en la Pampa del Tamarugal. | Proyectos | Luis Eduardo Astorga Guerrero | 2017 |
| | Desarrollo de un ingrediente en polvo a base de gel de aloe vera del Oasis de Pica y aplicabilidad en diferentes matrices alimentarias. | Proyectos | Cynthia Anabalón Pérez | 2017 |
| | Coquimbo | Apoyo tecnológico en el proceso de producción, elaboración y determinación de características del aceite de oliva de calidad extra virgen, en las principales zonas productivas olivícolas del país bajo condiciones de estrés hídrico. | Consultoría | INIA (Instituto de Investigación Agropecuarias) |
| Estudio económico y social de los sistemas de conducción implementados en huertos comerciales de uva de mesa para el mejoramiento de la competitividad. | | Estudios | FEDEFruta (Federación Gremial de Productores de Fruta) | 2015 |
| Cuantificación de los efectos fisiológicos del estrés abiótico sobre la producción de nogales, establecidos en sectores con vulnerabilidad climática de los valles de Limarí y Choapa. | | Estudios | INIA (Instituto de Investigación Agropecuarias) | 2016 |
| Acuaponía: una alternativa para la diversificación productiva en zonas áridas. | | Eventos para la realización | Granja Agro acuícola Diaguitas | 2014 |
| Simposio: Lineamientos de Acción Futura para el Uso del Agua en la Agricultura. | | Eventos para la realización | Sociedad Agrícola del Norte | 2016 |
| Gira técnica a Israel en innovaciones tecnologías en gestión y control de riego y asistencia a Feria Tecnológica Agritech 2012. | | Giras Tecnológicas | Agrosuccess | 2012 |

| Regiones | Iniciativa | Tipo de Iniciativa | Ejecutor | Año |
|---|---|--|--|-------------------------|
| | Mecanización de la producción olivícola del Valle del Huasco. | Giras tecnológicas | INIA (Instituto de Investigación Agropecuarias) | 2012 |
| | Gira técnica de captura de conocimientos y experiencias exitosas en innovación, valor agregado, comercialización asociativa y encadenamiento comercial, de pequeños productores agrícolas pertenecientes a empresas cooperativas en España. | Giras tecnológicas | Confederación Nacional de Cooperativas Campesinas de Chile (CAMPOCOOP) | 2014 |
| | Innovación, producción y comercialización de productos alimentarios funcionales con semillas de Acacia en Australia (“Wattle Seed”). | Giras tecnológicas | INFOR (Instituto Forestal). | 2014 |
| | Canadá, innovación en la genética apícola para el Limarí. | Giras tecnológicas | Agrupación de Apicultores de la Comuna de Monte Patria | 2015 |
| | Producción de alimentos funcionales con semillas de Acacia salina. | Proyectos | INFOR (Instituto Forestal). | 2013 |
| | Inmunoestimulantes para la industria salmonera a partir de cultivos sustentables de microalgas. | Proyectos | Austral Biotech | 2013 |
| | Evaluación en cultivos hidropónicos, invernadero y/o campo de un producto para fertilización en base a boro, que permite incrementar la producción sin efectos tóxicos para la industria agrícola y forestal. | Proyectos | Rubisco Biotechnology | 2014 |
| | Desarrollo de una aplicación de software On line, que recomiende tasa de riego (tiempo y frecuencia), en base a la medición de sensores climáticos y humedad de suelo. | Proyectos | Wiseconn | 2014 |
| | Sistema Fotovoltaico Agrícola. | Proyectos | Sociedad Agrícola Jaime Heredia | 2014 |
| | Diseñar un programa innovador que permita la inserción de los distintos productos del sector caprino de la Agricultura Campesina de la Región de Coquimbo, en mercados formales y competitivos. | Consultoría | Manuel Camilo González del Río | 2017 |
| | Fomento del emprendimiento innovador en liceos agrícolas de la Región de Coquimbo. | Formación | Universidad Técnica Federico Santa María | 2015 |
| | Hidroverde: hidroponía a tu alcance. | Proyectos | Yarela Alexandra Olivares Cortés | 2019 |
| | Producción de nuevas especies comestibles de alto valor nutricional mediante sistemas hidropónicos con manejo integrado de plagas. | Proyectos | Gonzalo Sebastián Ibacache Acuña | 2019 |
| | Desarrollo de mallas sombreadoras sitio-variedad específicas para mejorar la competitividad de los productores de uva de mesa del norte de Chile frente a escenarios de cambio climático. | Proyectos | INIA (Instituto de Investigación Agropecuarias) | 2019 |
| | Arica y Parinacota | Sustentabilidad de la Acuicultura en Zonas Áridas: Proyectando la Región de Arica y Parinacota a un Futuro Acuícola. | Eventos para la realización | Universidad Arturo Prat |
| Seminario Innovación Viverismo y Horticultura Sustentable. | | Eventos para la realización | Asociación Gremial de Viveros Frutales de Chile | 2015 |
| Captación de nuevas tecnologías en Sinaloa México para la producción forzada de tomate. | | Giras tecnológicas | Universidad de Tarapacá | 2012 |
| Prospección de experiencias de innovación en tecnologías y saber hacer europeo para la transición de la producción artesanal a la industria de alimentos gourmet, sin perder su calidad y autenticidad. | | Giras tecnológicas | Fundación Empresarial Comunidad Europea – Chile Euro Chile | 2015 |
| Mujeres campesinas, transformando el desierto de la mano de la agroecología. | | Giras tecnológicas | Red de Mujeres Rurales Azapa y Lluta | 2015 |

| Regiones | Iniciativa | Tipo de Iniciativa | Ejecutor | Año |
|--|--|---|---|------|
| | Conociendo experiencias en manejo de praderas y modelos de gestión organizacional y de comercialización de productos ovinos. | Giras tecnológicas | Comité de Productores Ovinos Comuna de Lanco | 2016 |
| | Gira de capturas tecnológicas en el ámbito de vinculación de economías campesinas a mercados de exportación. | Giras tecnológicas | Comunidad Indígena Pukara de Copaquilla | 2016 |
| | Identificación y captura de tecnologías para la agricultura intensiva con énfasis en sustentabilidad replicables en la Región de Arica y Parinacota. | Giras tecnológicas | INIA (Instituto de Investigación Agropecuarias) | 2017 |
| | Agentes biocontroladores (ABCs) nativos para el control de enfermedades producidas por Fusarium y Nematodos del género Meloidogyne que afectan al tomate en el Valle de Azapa: una alternativa al uso de Bromuro de metilo. | Proyectos | Universidad de Tarapacá | 2012 |
| | Aumento y disponibilidad de la eficiencia en el uso del agua de riego a través de la adaptación del Sistema Vetiver para potenciar la agricultura sustentable en la Región de Arica y Parinacota. | Proyectos | Universidad de Tarapacá | 2012 |
| | Elaboración de un banco genético nacional pecuario (BGP) mediante el uso de una técnica molecular para asegurar la inocuidad de los alimentos. | Proyectos | Asociación de Productores Avícolas de Chile | 2013 |
| | Validación del sistema vetiver en zonas áridas para la recuperación, remediación y protección de suelos agrícolas en la Región de Arica y Parinacota. | Proyectos | Universidad de Tarapacá | 2015 |
| | Elaboración de un Atlas Agroclimático de Chile para la Sustentabilidad de la Agricultura en un Contexto de Cambio Climático. | Proyectos | Universidad de Chile | 2016 |
| | Utilización de especies vegetales suculentas con potencial agro productivo como alternativa de diversificación sustentable en zonas áridas. | Proyectos | Universidad de Chile | 2016 |
| | Recuperación y masificación de la producción del tomate Poncho Negro: Un patrimonio agrario ancestral de la XV Región de Arica y Parinacota, una alternativa productiva y de adaptación al cambio climático. | Proyectos | Universidad de Tarapacá | 2017 |
| Comercio justo y cooperativismo: Modelo de comercialización y circuitos cortos en alimentos y artesanía. | Proyectos | Cooperativa justo al sur comercializadora de comercio justo | 2019 | |
| Atacama | Congreso Federación Red Apícola Nacional hacia la producción de productos diferenciados e inocuos. | Eventos para la realización | Federación de Asociaciones Gremiales Regionales Apícolas de Chile | 2017 |
| | Mecanización de la producción olivícola del Valle del Huasco. | Giras tecnológicas | INIA (Instituto de Investigación Agropecuarias) | 2012 |
| | Prospección de tecnologías de manejo del riego en condiciones de salinidad y déficit hídrico en los cultivos hortícolas y olivícolas de la zona de California y evaluación de la factibilidad de implementarlas en la Región de Atacama. | Giras tecnológicas | INIA (Instituto de Investigación Agropecuarias) | 2014 |
| | Nueva Manera de hacer Ultra Alta Presión en Alimentos. | Proyectos | Comercial Nutriser Limitada | 2012 |
| | Desarrollo de una aplicación de software On line, que recomiende tasa de riego (tiempo y frecuencia), en base a la medición de sensores climáticos y humedad de suelo. | Proyectos | Wiseconn | 2014 |
| | Elaboración de un Atlas Agroclimático de Chile para la Sustentabilidad de la Agricultura en un Contexto de Cambio Climático. | Proyectos | Universidad de Chile | 2016 |
| | Factibilidad técnica y económica para el cultivo de especies subtropicales en las regiones de Atacama y Coquimbo | Consultoría | Universidad Arturo Prat | 2009 |

Fuente: Elaboración a partir de la Fundación para la Innovación Agraria (FIA). Ministerio de Agricultura, Lomas Bayanas y ODEPA.

2.2/ Diagnóstico De la agricultura del desierto en la macrozona norte

2.2.1/ Contextualización de la agricultura en la macrozona norte y de las regiones del estudio

Macrozona Norte⁶⁰

La **zona norte de Chile se caracteriza por su clima seco y desértico** y comprende las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá, Antofagasta, Atacama y Coquimbo. Esta zona representa, aproximadamente, un 40% de la superficie total de Chile.

Las características climatológicas y geográficas de esta macro región le otorgan muchas posibilidades en términos de investigación, innovación y desarrollo.

Sin embargo, a pesar de la similitud de sus características, el desarrollo agrícola ha sufrido una evolución muy distinta en las regiones, debido a factores de suelo, hídricos, productivos o culturales, entre otros.

Como se aprecia en las tablas, el **empleo del rubro silvoagropecuario** varía en gran medida en función de los trimestres. Tomando como referencia los meses de verano (Noviembre-Enero), se puede observar que el porcentaje de empleos en el sector es mucho mayor que en el siguiente trimestre (Febrero - Abril).

Así pues, observando los meses de verano, Coquimbo y Arica y Parinacota son las dos regiones con un mayor desarrollo agrícola, y este supone un 13,5% y 12,1% respectivamente. **Tarapacá** y Atacama ocupan una posición intermedia, y su agricultura supone el **9,1%** y el 7% del empleo regional, respectivamente. Finalmente, en **Antofagasta** el empleo destinado al rubro agrícola tiene muy poco desarrollo, y apenas representa el **2,9%** del total.

⁶⁰ El análisis se ha centrado en la agricultura, ya que es el objetivo final del laboratorio, dejando de lado la ganadería o la acuicultura, a pesar de su importancia.

Tabla 5. Participación del empleo regional en la agricultura dentro del empleo total de cada región (%). Trimestre Nov - Ene 2019

| Región | Ocupados agricultura, ganadería, silvicultura y pesca | | | | Total país ocupados | | | Participación de la agricultura (A)/(B) |
|--------------------|---|----------------|----------------|---------------|---------------------|------------------|------------------|---|
| | Hombre | Mujer | Total (A) | Participación | Hombre | Mujer | Total (B) | |
| Arica y Parinacota | 6.269 | 2.828 | 9.097 | 1,1% | 40.533 | 34.541 | 75.074 | 12,1% |
| Tarapacá | 13.610 | 1.664 | 15.274 | 1,8% | 102.504 | 65.558 | 168.062 | 9,1% |
| Antofagasta | 8.128 | 298 | 8.426 | 1,0% | 181.589 | 109.917 | 291.506 | 2,9% |
| Atacama | 7.117 | 2.943 | 10.059 | 1,2% | 84.644 | 58.328 | 142.972 | 7,0% |
| Coquimbo | 37.539 | 13.474 | 51.013 | 6,1% | 224.593 | 153.226 | 377.819 | 13,5% |
| Valparaíso | 47.993 | 14.738 | 62.731 | 7,5% | 492.057 | 355.393 | 847.451 | 7,4% |
| Metropolitana | 57.936 | 17.089 | 75.025 | 8,9% | 1.901.657 | 1.489.876 | 3.391.533 | 2,2% |
| O'Higgins | 86.653 | 34.565 | 121.218 | 14,4% | 275.288 | 178.376 | 453.664 | 26,7% |
| Maule | 100.329 | 42.199 | 142.529 | 17,0% | 306.675 | 202.657 | 509.332 | 28,0% |
| Ñuble | 37.582 | 17.255 | 54.838 | 6,5% | 134.327 | 87.097 | 221.423 | 24,8% |
| Biobío | 53.399 | 11.712 | 65.112 | 7,7% | 443.395 | 301.295 | 744.690 | 8,7% |
| La Araucanía | 72.530 | 25.400 | 97.930 | 11,6% | 280.247 | 190.801 | 471.048 | 20,8% |
| Los Ríos | 24.578 | 10.168 | 34.746 | 4,1% | 113.177 | 78.118 | 191.295 | 18,2% |
| Los Lagos | 65.548 | 14.406 | 79.954 | 9,5% | 273.418 | 170.936 | 444.355 | 18,0% |
| Aysén | 5.201 | 991 | 6.192 | 0,7% | 36.764 | 25.724 | 62.488 | 9,9% |
| Magallanes | 5.710 | 813 | 6.523 | 0,8% | 53.646 | 34.239 | 87.886 | 7,4% |
| Total | 630.125 | 210.542 | 840.667 | 100,0% | 4.944.515 | 3.536.082 | 8.480.597 | 9,9% |

Fuente: INE, Series Trimestrales 2019

En el último trimestre registrado, Coquimbo y Arica y Parinacota seguían siendo las dos regiones de la Macrozona Norte con mayor empleabilidad, pero esta se veía reducida hasta el 11,8% y el 8,9% respectivamente. Por su parte, Atacama es la región con menor variabilidad, de únicamente un 0,6% hasta los 6,4%. **Tarapacá** reduce en más de 6 puntos porcentuales la participación de la agricultura, ganadería, silvicultura y pesca en su empleo regional, situándose en un **2,7%**. Finalmente, durante este trimestre en **Antofagasta solo el 1%** de la gente empleada se dedicó a este rubro. Estas distorsiones están más ligadas al rubro pesquero que al agrícola, pero faltan datos desagregados para poder hacer una mayor comparativa.

Tabla 6. Participación del empleo regional en la agricultura dentro del empleo total de cada región (%). Trimestre Feb - Abr 2020

| Región | Ocupados agricultura, ganadería, silvicultura y pesca | | | | Total país ocupados | | | Participación de la agricultura (A)/(B) |
|--------------------|---|----------------|----------------|---------------|---------------------|------------------|------------------|---|
| | Hombre | Mujer | Total (A) | Participación | Hombre | Mujer | Total (B) | |
| Arica y Parinacota | 6.649 | 2.129 | 8.778 | 1,5% | 61.300 | 37.053 | 98.352 | 8,9% |
| Tarapacá | 4.057 | 190 | 4.247 | 0,7% | 99.842 | 60.264 | 160.106 | 2,7% |
| Antofagasta | 2.586 | 403 | 2.989 | 0,5% | 173.141 | 121.242 | 294.383 | 1,0% |
| Atacama | 5.767 | 2.525 | 8.292 | 1,4% | 80.200 | 48.511 | 128.711 | 6,4% |
| Coquimbo | 31.870 | 8.098 | 39.968 | 6,7% | 200.071 | 139.718 | 339.789 | 11,8% |
| Valparaíso | 42.075 | 13.361 | 55.437 | 9,3% | 476.753 | 327.154 | 803.908 | 6,9% |
| Metropolitana | 41.050 | 15.176 | 56.226 | 9,4% | 2.097.826 | 1.530.062 | 3.627.887 | 1,5% |
| O'Higgins | 55.318 | 19.011 | 74.329 | 12,4% | 249.520 | 161.416 | 410.936 | 18,1% |
| Maule | 75.551 | 30.747 | 106.298 | 17,8% | 293.407 | 201.869 | 495.276 | 21,5% |
| Ñuble | 34.362 | 11.220 | 45.582 | 7,6% | 120.854 | 77.745 | 198.599 | 23,0% |
| Biobío | 33.526 | 8.103 | 41.629 | 7,0% | 369.018 | 263.046 | 632.064 | 6,6% |
| La Araucanía | 51.325 | 13.401 | 64.726 | 10,8% | 224.813 | 165.164 | 389.976 | 16,6% |
| Los Ríos | 20.363 | 7.095 | 27.458 | 4,6% | 99.743 | 69.676 | 169.419 | 16,2% |
| Los Lagos | 42.451 | 9.949 | 52.400 | 8,8% | 214.264 | 133.654 | 347.918 | 15,1% |
| Aysén | 4.710 | 640 | 5.350 | 0,9% | 31.512 | 23.734 | 55.247 | 9,7% |
| Magallanes | 4.215 | 686 | 4.901 | 0,8% | 48.472 | 34.888 | 83.360 | 5,9% |
| Total | 455.876 | 142.734 | 598.610 | 100,0% | 4.840.735 | 3.395.196 | 8.235.931 | 7,3% |

Fuente: INE, Series Trimestrales 2020

En cuanto a las explotaciones que hay en cada una de las 5 regiones, se aprecia como Coquimbo posee un mayor peso de la Macrozona Norte, pues según los

datos de Odepa recogidos en la siguiente tabla, representa casi dos tercios del total de explotaciones (62,7%). Sin embargo, hay que tener en cuenta que son datos de hace más de una década, y que la región de Arica y Parinacota ha sufrido un alto crecimiento de su rubro agrícola en estos años, como demuestran los datos observados para el empleo.

En **Tarapacá y Antofagasta el número de explotaciones registradas era de 1.979 y 2.000.**

Tabla 7. Número de explotaciones por región de la Macrozona Norte.

| Indicador | Tarapacá | Antofagasta | Atacama | Coquimbo | Arica y Parinacota | Total Zona Macro Norte |
|-------------------------|----------|-------------|---------|----------|--------------------|------------------------|
| Número de explotaciones | 1.979 | 2.000 | 2.925 | 15.777 | 2.472 | 25.153 |

Fuente: Elaboración a partir de Informes regionales 2019 elaborados por ODEPA a partir de información del VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal; Odepa - INE, 2007.

Finalmente, se repasan las brechas y oportunidades que presenta la macrozona norte para mejorar su rubro agrícola durante los próximos años.

En cuanto a las **brechas**, por estas condiciones ambientales, es lógico que la principal brecha identificada en la Macrozona Norte sea la “**disponibilidad y acceso a recursos hídricos y riego**”, como demuestra el informe *Agricultura chilena Reflexiones y Desafíos al 2030*⁶¹ y se ha corroborado en las entrevistas con los actores.

Dentro de esta problemática, se señala la baja disponibilidad y calidad de agua para el riego, y a la falta de una gestión integral del recurso hídrico.

Este tradicional problema de esta región se ve acentuado por las consecuencias del cambio climático, por lo que obliga a los responsables a buscar nuevas soluciones más eficientes y con un mayor despliegue en el territorio.

Otras de las brechas citadas en el informe y corroboradas durante las entrevistas han sido: **la alta edad media de los agricultores**, que dificulta la

⁶¹ ODEPA (2017). Agricultura chilena Reflexiones y Desafíos al 2030. https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2018/01/ReflexDesaf_2030-1.pdf

capacitación y la incorporación de tecnología, sumado a la **falta de relevo generacional** por la poca atracción del sector para los jóvenes; la **falta de coordinación y organización** entre los actores del sector; la **preponderancia de una agricultura familiar campesina de subsistencia**; la dificultad para conseguir requerimientos sanitarios y, por lo tanto, **escasa comercialización de productos**; el **aislamiento de muchas zonas productivas** (rurales) o la **falta de infraestructuras, entre otras**.

Pero la región también presenta **oportunidades**. En primer lugar, las condiciones climáticas de la zona norte, principalmente la alta cantidad de **horas de sol**, permiten a la hortofruticultura disponer de unas **características organolépticas únicas** (dulzor, aroma, etc.), lo cual, unido al bajo volumen de producción y la **capacidad de producir contra estación**, sitúan los productos en un **nicho gourmet**. También permiten una **alta productividad** y el cultivo de especies que no pueden ser cultivadas con éxito en otras zonas agroecológicas como, palmeras datileras, mangos, guayabas, cítricos, entre otros. Además, el hecho de no tener lluvias, a pesar de parecer una desventaja es una ventaja desde la perspectiva de producir frutos fuera de temporada y sin dificultades de post cosecha.

Por otro lado, la **gran cantidad de horas de sol** también provocan otra ventaja en la región, al ser **capaces de producir una gran cantidad de energía solar**.

El presente proyecto se centrará en las regiones de Tarapacá y Antofagasta, pues el laboratorio natural para la agricultura del desierto tendrá su foco en ambas regiones, aunque después se espera que este se expanda al conjunto de la macrozona norte del país.

Región de Tarapacá

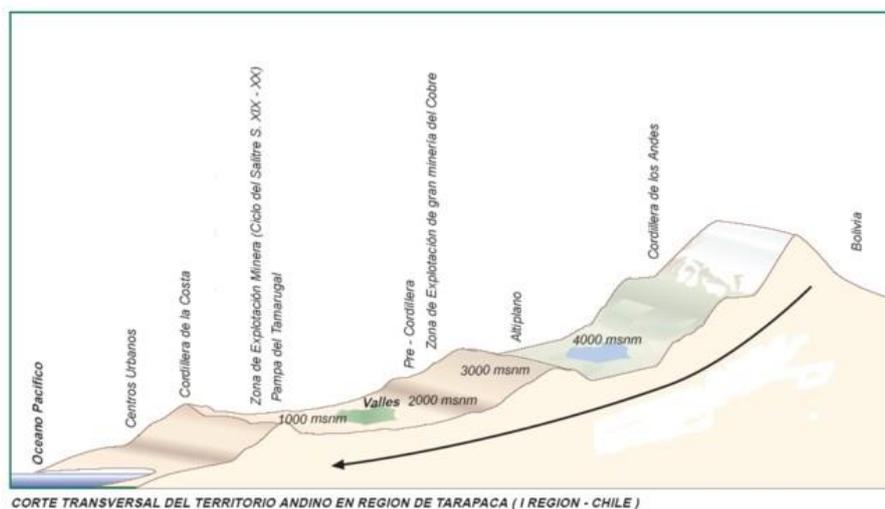
La Región de Tarapacá, cuya capital es Iquique, se ubica 1.803 kilómetros al norte de Santiago. Posee una superficie de 42.225 Km², equivalentes al 5,6% del territorio nacional. Se estima una población de 328.782 habitantes, con una densidad de 7,8 habitantes por kilómetro cuadrado. El 90% de la población de la región vive en la conurbación Iquique-Alto Hospicio, como, asimismo, el 93,8% de toda la población regional habita sectores urbanos⁶².

Se caracteriza por su clima desértico, donde predomina la ausencia de precipitaciones durante todo el año, presentando un paisaje de extrema aridez y vegetación xerofítica, lo que la posiciona como una de las regiones más secas del mundo.

Si bien cuenta con algunos cursos de agua que nacen en el altiplano andino, su existencia depende de las lluvias de verano y la nieve. Su geografía está formada por 5 franjas longitudinales: la Planicie Litoral, la Cordillera de la Costa, la Depresión Intermedia, la Cordillera de los Andes y el Altiplano Andino.

⁶² https://cdn.digital.gob.cl/filer_public/8a/0e/8a0e73ff-bb1b-4477-9e1b-65ca3d190a96/2_tarapaca-f.pdf

Gráfico 1. Perfil topográfico de la Región de Tarapacá



Fuente: González, Sergio (2011). Las históricas relaciones entre Tarapacá y Oruro: la frustrada tentativa de integración transfronteriza durante ciclo de expansión del salitre

En términos de aporte al PIB regional, las principales actividades económicas son minería (42,21%), comercio, restaurantes y hoteles (14,04%), construcción (11,3%), que en su conjunto representan 67,55% del producto regional (Banco Central, 2018). Por su parte, **el sector agropecuario representa, aproximadamente, el 3% del PIB regional.**

Con estas cifras anteriormente señaladas, la Región de Tarapacá abarca sólo el 1,2% de la superficie nacional dedicada a rubros silvoagropecuarios (53.177 hectáreas), según el Censo Agropecuario y Forestal de ODEPA en 2007.

Para realizar el análisis sobre la **producción agrícola de la región**, hay que indicar que el análisis se realiza en base al Censo Agropecuario y Forestal de ODEPA en 2007, el cual tiene más de una década y por lo tanto está muy desactualizado, sobre todo con relación a los avances modernos que ha habido en la región. Esta falta de información supone una de las principales debilidades para el desarrollo, como indicaremos más adelante. Para tratar de subsanar esta falta de información, se tratará de exponer la información obtenida mediante las entrevistas con los actores claves del ecosistema agrícola en la macrozona norte.

Por superficie agrícola en la región, el sector silvoagropecuario solamente utiliza el 5% del suelo cultivado en la región, vale decir, 2.658 hectáreas: cereales (2,6%), hortalizas (1,1%), y frutales (0,7%). Estos cuatro subsectores concentran el 99,5% del uso del suelo destinado a la agricultura en la región.

Tabla 8. Superficie regional por rubro silvoagropecuario en la Región de Tarapacá

| Rubro | Región (ha) | Cultivo/Región | País (ha) | Región/País |
|--------------------------|-----------------|----------------|--------------------|-------------|
| Plantaciones forestales | 50.539,5 | 95,0% | 2.706.038,8 | 1,9% |
| Cereales | 1.391,7 | 2,6% | 480.602,6 | 0,3% |
| Hortalizas | 584,0 | 1,1% | 95.953,7 | 0,6% |
| Frutales | 389,8 | 0,7% | 310.046,5 | 0,1% |
| Forrajeras | 157,7 | 0,3% | 513.190,8 | 0,0% |
| Leguminosas y tubérculos | 93,6 | 0,2% | 71.389,6 | 0,1% |
| Semilleros y almacigos | 13,9 | 0,0% | 42.511,1 | 0,0% |
| Huertos caseros | 3,8 | 0,0% | 16.138,2 | 0,0% |
| Flores | 3,5 | 0,0% | 2.176,4 | 0,2% |
| Viveros | 0,1 | 0,0% | 3.103,1 | 0,0% |
| Cultivos industriales | 0,1 | 0,0% | 69.998,0 | 0,0% |
| Viñas y parronales | 0,0 | 0,0% | 130.440,8 | 0,0% |
| Total | 53.177,7 | 100,0% | 4.441.589,7 | 1,2% |

Fuente: Odepa a partir de la información del VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal; Odepa - INE 2007

En el **ámbito hortícola** (considerando además la producción de forraje para los animales y la producción de semillas), los principales cultivos de la región son la quinua (que aparece en los registros oficiales como “cereales”), choclo, ajo, zanahoria y cebolla.

A estos, habría que añadir, según lo establecido en las entrevistas, los tomates y las hortalizas de hoja, que, sin ser predominantes, parece que su producción ha aumentado en la región durante la última década. También destacan los productos con características muy especiales y que son fácilmente identificables, como el choclo y ajo de Camiña, el orégano de Chiapa, los melones de Soga, etc.

Tabla 9. Principales especies hortícolas en la Región de Tarapacá

| Especie | Región (ha) | Especie/Región | País (ha) | Región/País |
|------------------|--------------|----------------|-----------------|-------------|
| Choclo | 112,5 | 19,3% | 10.591,6 | 1,1% |
| Ajo | 91,1 | 15,6% | 1.223,9 | 7,4% |
| Zanahoria | 85,6 | 14,7% | 3.988,4 | 2,1% |
| Melón | 72,3 | 12,4% | 3.115,7 | 2,3% |
| Cebolla temprana | 58,1 | 10,0% | 2.026,9 | 2,9% |
| Otros | 163,9 | 28,1% | 73.420,6 | 0,2% |
| Total | 583,5 | 100,0% | 94.367,0 | 0,6% |

Fuente: Odepa a partir de la información del VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal; Odepa - INE 2007

Con **respecto a la fruticultura**, gracias al catastro frutícola elaborado por el CIREN en julio de 2019, se dispone de una información más actualizada sobre la realidad regional. Destacan los cultivos de Mango (39% de la producción del país), Lima (entre las que se encuentra el Limón de Pica, y representan casi la mitad de la producción del país, el Tángelo (80% de la producción del país) y la Naranja (solamente un 0,7%). Estos cultivos introducidos, de carácter subtropical, llevan décadas de presencia en la región y están fuertemente arraigados en la cultura e identidad regional.

Es importante destacar la capacidad de la región para producir una amplia variedad frutícola.

Tabla 10. Principales especies frutícolas en la Región de Tarapacá

| Especies | Región 2019 | País | Región/País | Participación |
|--------------|---------------|-------------------|-------------|---------------|
| Mango | 65,74 | 167,87 | 39,2% | 27,2% |
| Lima | 64,27 | 134,02 | 48,0% | 26,6% |
| Tangelo | 56,47 | 70,52 | 80,1% | 23,4% |
| Naranja | 41,59 | 6.244,35 | 0,7% | 17,2% |
| Guayabo | 9,23 | 39,97 | 23,1% | 3,8% |
| Pomelo | 3,68 | 272,23 | 1,4% | 1,5% |
| Feijoa | 0,40 | 3,60 | 11,1% | 0,2% |
| Datilera | 0,17 | 0,17 | 100,0% | 0,1% |
| Membrillo | 0,12 | 318,31 | 0,0% | 0,0% |
| Níspero | 0,06 | 32,35 | 0,2% | 0,0% |
| Mandarino | 0,03 | 7.726,77 | 0,0% | 0,0% |
| Higuera | 0,02 | 65,19 | 0,0% | 0,0% |
| Otros | | 327.578,86 | | 0,0% |
| Total | 241,78 | 342.654,21 | 0,1% | 100,0% |

Fuente: elaborado por Odepa a partir de información del catastro frutícola para la Región de Tarapacá 2019; Odepa - Ciren.

Respecto a la **silvicultura regional**, en 2007 se calculaba una superficie aproximada de 40.000 hectáreas de bosque de tamarugos y 10.500 hectáreas de Algarrobos, los que no tienen en la actualidad una explotación comercial sistemática, sino que están mayoritariamente protegidos por la Corporación Nacional Forestal (CONAF) en el marco de la Reserva Nacional “Pampa del Tamarugal”. Estas dos especies, ambas endémicas y adaptadas genéticamente al medio geográfico, representan el 98,6% de la superficie forestal de la región.

Hay que añadir que, gracias a los esfuerzos que realiza la CONAF para seguir aumentando la superficie cultivada de ambas variedades, y según lo

comentado en la entrevista con el organismo, la superficie total de la silvicultura habría aumentado ligeramente en los últimos años.

Tabla 11. Superficie forestal por especie en la Región de Tarapacá

| Especie forestal | Región (ha) | Especie/Región | País(ha) | Región/País |
|------------------|-----------------|----------------|--------------------|-------------|
| Tamarugo | 39.442,3 | 78,0% | 39.947,8 | 98,7% |
| Algarrobo | 10.433,1 | 20,6% | 12.492,6 | 83,5% |
| Otras | 664,1 | 1,3% | 2.653.598,3 | 0,0% |
| Total | 50.539,5 | 100,0% | 2.706.038,8 | 1,9% |

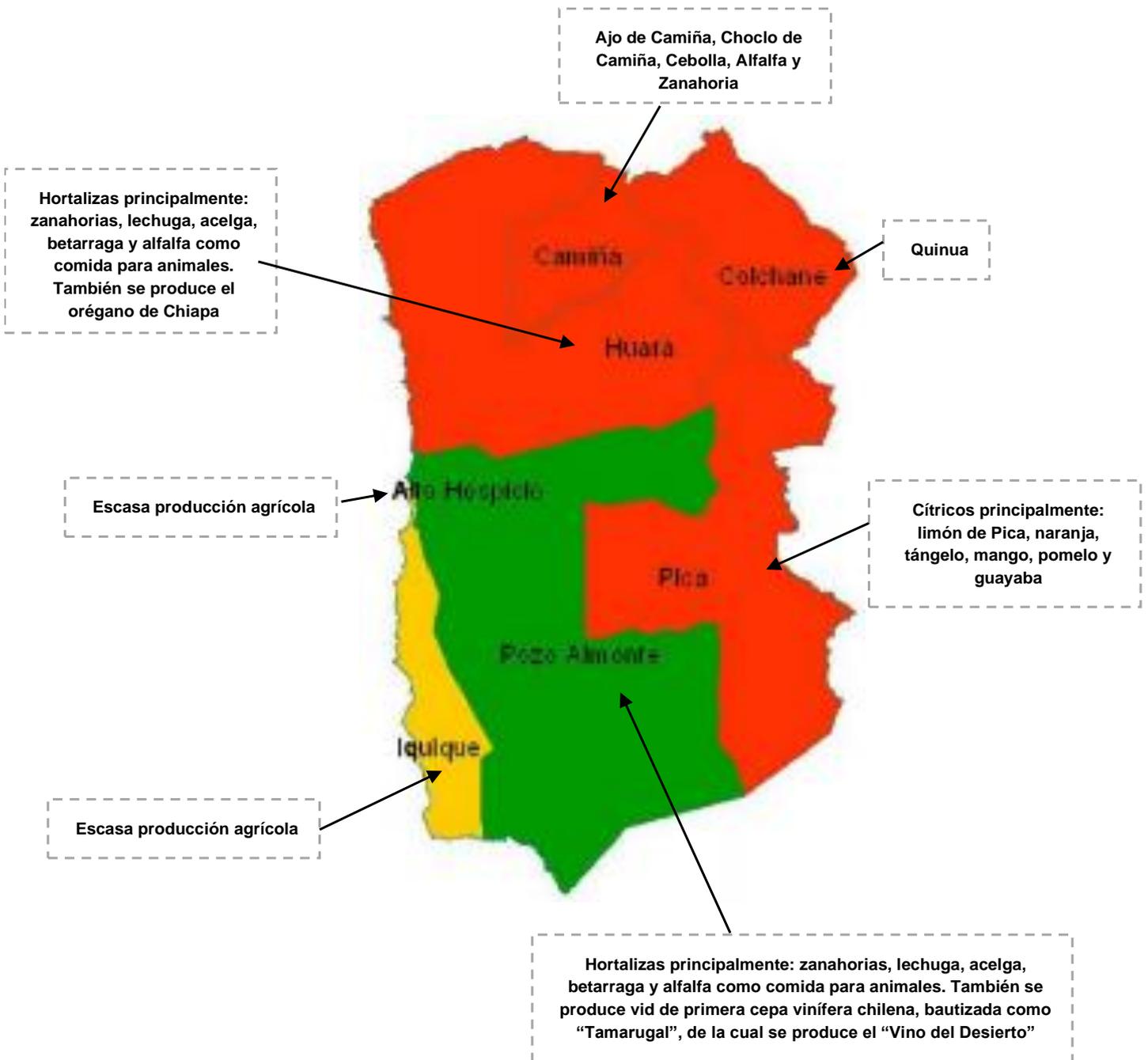
Fuente: Odepa a partir de la información del VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal; Odepa - INE 2007

Finalmente, cabe mencionar aquellos “**Productos procesados típicos de la región**” como el arrope y la harina del algarrobo, la **Ckilapana** (fermentado tradicional indígena de la vaina del algarrobo) y el **Huarapo** (licor tradicional elaborado a base de ckilapana), de gran arraigo en la cultura tradicional tarapaqueña. A estos hay que añadir un **producto novedoso como el Vino del Desierto**, pero que proviene de una cepa antigua y propia de la región, la cepa Tamarugal, lo que le ha permitido ser la única cepa propia de Chile.

Asimismo, en la región de produce cerveza artesanal, sidra, miel orgánica, jugos concentrados de frutas, mermeladas y conservas de frutas y frutos secos (deshidratados), además de hierbas medicinales. Si bien su producción es muy reducida en la actualidad, si representan un conjunto de productos de mayor valor, tanto desde el punto de vista económico, como cultural y patrimonial.

En cuanto a la división territorio, la Región de Tarapacá está dividida en 2 provincias: Iquique y Tamarugal, y está compuesta a su vez por 7 comunas: Iquique y Alto Hospicio; Camiña, Colchane, Huara, Pica y Pozo Almonte.

Gráfico 2. División de la producción agrícola por comunas en la Región de Tarapacá



Fuente: Elaboración propia

Región de Antofagasta

La Región de Antofagasta se estima una población de 610.000 habitantes, de los cuales la capital de la región, Antofagasta, aglutina al 59,4%. La región presenta una superficie de, aproximadamente, 500 kilómetros de longitud, y abarca un área de 126.049,1 km², que supone el 16,7% del territorio nacional. En cuanto al rango latitudinal, Antofagasta se sitúa en el trópico de Capricornio y sobre los 1.300 km de la capital del país, Santiago. Según el Instituto Nacional de Estadísticas, Antofagasta fue en 2017, después de la Región Metropolitana, la región de Chile que más aportó al PIB.

La corriente fría de Humboldt ha originado el clima desértico de la Región, representado por el desierto de Atacama, en la depresión intermedia de la región, que se trata de uno de los desiertos más áridos del mundo y cuyas precipitaciones rondan los 4 mm de media anual. Este clima, los suelos áridos y la escasez hídrica definen la agricultura en esta zona.

Sin embargo, la costa, gracias a sus planicies litorales, y la zona andina permiten el desarrollo de la vegetación. La existencia del río Loa, el más largo de Chile, también le otorga a la región el recurso hídrico, desde su nacimiento en la cordillera de los Andes hasta su desembocadura en el mar, que es usado en la minería, el consumo humano y el regadío, entre otros.

Finalmente, destacar que, debido a los acantilados a lo largo del litoral en el norte de Chile, conocidos como farellón costero, se produce la camanchaca, una espesa niebla que en la actualidad se estudia su uso como recurso hídrico gracias a los avances producidos por el uso de atrapanieblas.

Gráfico 3. Perfil topográfico de la Región de Antofagasta



Fuente: Turistel, 2003

En términos representación sectorial al PIB regional, la minería es, de modo indiscutible, la actividad principal, representando el 52,9% del total y

constituyendo la principal ventaja competitiva y comparativa de la región, con algunas de las minas más importantes en la historia del país, como Chuquicamata o Escondida. Además, hay que subrayar que los encadenamientos productivos de la minería y su cadena de valor se extienden a múltiples segmentos productivos, algunos de ellos con gran peso en el PIB de la región, como por ejemplo los servicios financieros y empresariales - 9,5%-, la construcción -8,7%-, la electricidad, gas, agua y gestión de desechos -6,4%- o el sector de transporte, información o comunicaciones (4,9%)⁶³.

Por su parte, **el rubro agropecuario y silvícola únicamente representa un 0,03% del PIB**, siendo esto prácticamente irrelevante en la región. Sin embargo, hay que tener en cuenta que mucha de la economía relacionada con la agricultura es de autoabastecimiento y, mayoritariamente, informal, de ahí que esta parte no esté reflejada en los datos oficiales ofrecidos por el Banco de Chile.

Por todo lo comentado, la Región de Antofagasta únicamente representa el 0,1% de la superficie nacional dedicada a rubros silvoagropecuarios (2.412 hectáreas), según el Censo Agropecuario y Forestal de 2007. El principal cultivo corresponde a Plantas forrajeras (45,5%), seguido por Plantaciones forestales (24,7%), Hortalizas (14,5%) y Cereales (7,7%). Estos cuatro usos concentran el 92,4% de los suelos de cultivo de la región.

La alfalfa es la principal planta forrajera, y sirve como comida para el ganado. Este se sitúa casi en su totalidad en las comunas de San Pedro de Atacama y Calama, ambas en la provincia de El Loa.

⁶³ Banco Central de Chile, 2017

Tabla 12. Superficie regional por rubro silvoagropecuario en la Región de Antofagasta

| Rubro | Región (ha) | Cultivo/Región | País (ha) | Región/País |
|--------------------------|----------------|----------------|--------------------|-------------|
| Forrajeras | 1.097,2 | 45,5% | 513.190,8 | 0,2% |
| Plantaciones forestales | 596,6 | 24,7% | 2.706.038,3 | 0,0% |
| Hortalizas | 350,2 | 14,5% | 95.953,7 | 0,4% |
| Cereales | 185,7 | 7,7% | 480.602,6 | 0,0% |
| Huertos caseros | 86,0 | 3,6% | 16.138,2 | 0,5% |
| Frutales | 66,7 | 2,8% | 310.046,5 | 0,0% |
| Semilleros y almácigos | 13,4 | 0,6% | 42.511,1 | 0,0% |
| Viñas y parronales | 6,1 | 0,3% | 130.440,8 | 0,0% |
| Flores | 4,6 | 0,2% | 2.176,4 | 0,2% |
| Leguminosas y tubérculos | 4,5 | 0,2% | 71.389,6 | 0,0% |
| Viveros | 1,3 | 0,1% | 3.103,1 | 0,0% |
| Cultivos industriales | 0,2 | 0,0% | 69.998,0 | 0,0% |
| Total | 2.412,4 | 100,0% | 4.441.589,2 | 0,1% |

Fuente: Odepa a partir de la información del VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal; Odepa - INE 2007

Las hortalizas y frutales suponían, según el Censo Nacional Agropecuario y Forestal de 2007, únicamente 502 hectáreas, de las cuales 350 ha pertenecen a hortalizas y 152 ha a frutales.

La superficie con hortalizas se ubicaba, en 2007, espacialmente en las comunas de Calama (59%) y San Pedro de Atacama (35%). Sin embargo, gracias a la hidroponía, estos cultivos han crecidos en otras comunas como Antofagasta, que posee la mayor concentración de cultivos hidropónicos de la región y, en menor medida, en María Elena, Mejillones y Tocopilla.

En cuanto a las **principales especies hortícolas**, destaca el conocido Choclo calameño, la zanahoria o el ajo de Camiña. En el altiplano destaca el cultivo de haba. Con la llegada de la hidroponía han crecido los cultivos de hortalizas como la lechuga, el apio, los tomates o la betarraga.

Tabla 13. Principales especies hortícolas en la Región de Antofagasta

| Especie | Región (ha) | Especie/Región | País (ha) | Región/País |
|--------------|--------------|----------------|-----------------|-------------|
| Choclo | 159,3 | 45,5% | 10.591,6 | 1,5% |
| Zanahoria | 109,7 | 31,3% | 3.988,4 | 2,8% |
| Haba | 21,2 | 6,0% | 1.978,1 | 1,1% |
| Ajo | 12,8 | 3,7% | 1.223,9 | 1,0% |
| Lechuga | 8,9 | 2,5% | 7.039,6 | 0,1% |
| Otras | 38,4 | 11,0% | 71.132,2 | 0,1% |
| Total | 350,2 | 100,0% | 95.953,7 | 0,4% |

Fuente: Odepa a partir de la información del VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal; Odepa - INE 2007

En cuanto a los **frutales**, estos se encuentran principalmente en San Pedro de Atacama, que concentra el 78% de dichos cultivos. En Antofagasta, los huertos caseros de frutales tienen una gran incidencia en el total de superficie

frutal. Según lo establecido en las entrevistas, durante los últimos destaca el aumento de los olivos en la comuna del Taltal.

Tabla 14. Principales especies frutícolas en la Región de Antofagasta

| Especie | Región (ha) | Especie/Región | País (ha) | Región/País |
|-----------------|--------------|----------------|------------------|-------------|
| Huertos caseros | 86,0 | 56,3% | 16.138,2 | 0,5% |
| Peral europeo | 15,7 | 10,3% | 6.625,0 | 0,2% |
| Membrillo | 12,8 | 8,3% | 434,6 | 2,9% |
| Olivo | 11,7 | 7,7% | 16.120,6 | 0,1% |
| Otras | 26,6 | 17,4% | 286.866,3 | 0,0% |
| Total | 152,7 | 100,0% | 326.184,7 | 0,0% |

Fuente: Odepa a partir de la información del VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal; Odepa - INE 2007

Por otra parte, la **superficie forestal** supone el 24,7% de la superficie regional dedicada a rubros silvoagropecuarios, y también se ubica mayoritariamente en la Comuna de San Pedro de Atacama. El Tamarugo es la principal especie, aunque también se da el Algarrobo.

Tabla 15. Superficie forestal por especie en la Región de Antofagasta

| Especie forestal | Región (ha) | Especie/Región | País(ha) | Región/País |
|------------------|--------------|----------------|--------------------|-------------|
| Tamarugo | 505,6 | 84,7% | 39.947,8 | 1,3% |
| Algarrobo | 85,2 | 14,3% | 12.492,6 | 0,7% |
| Otras | 5,8 | 1,0% | 2.653.597,8 | 0,0% |
| Total | 596,6 | 100,0% | 2.706.038,3 | 0,0% |

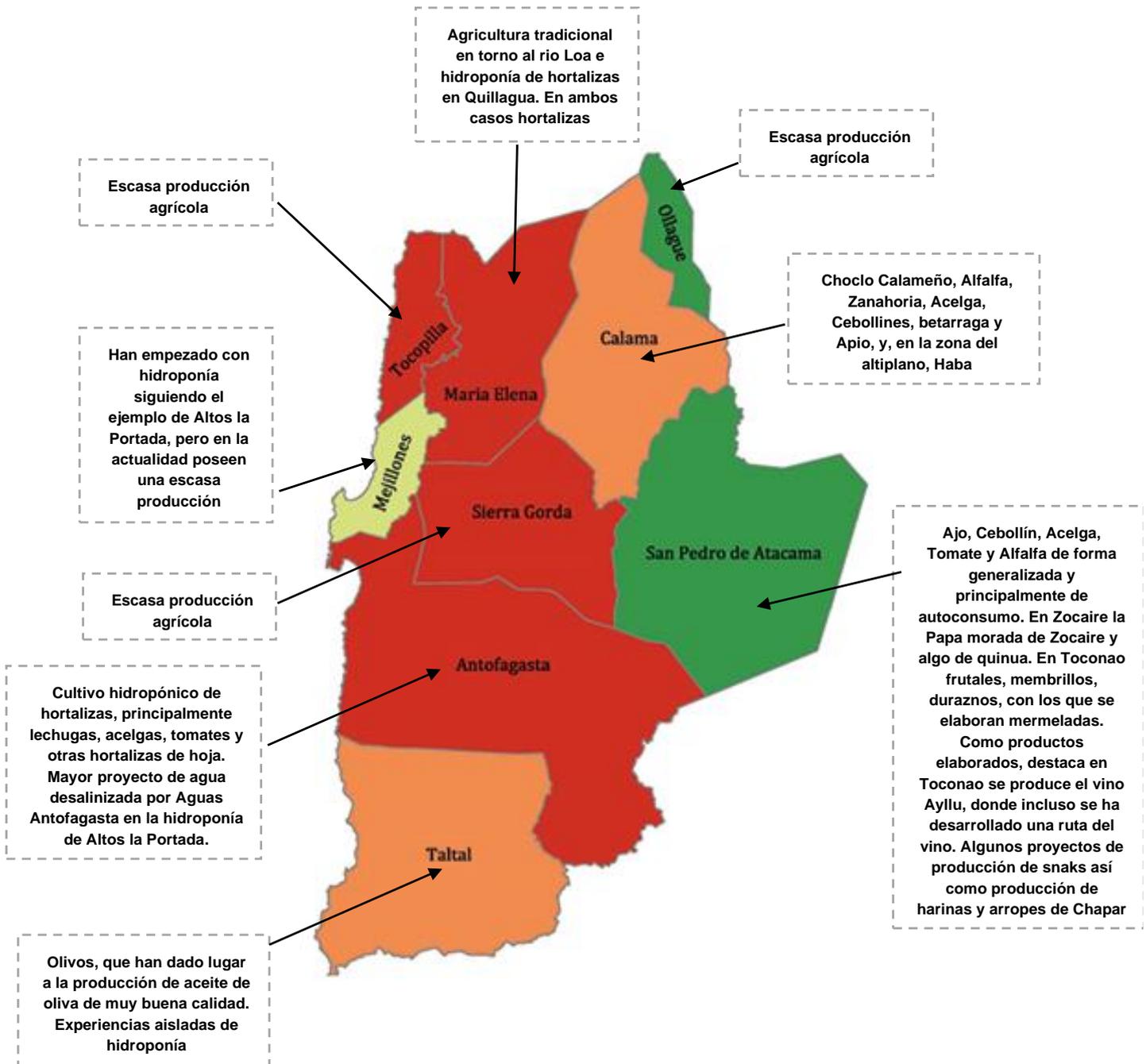
Fuente: Odepa a partir de la información del VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal; Odepa - INE 2007

Finalmente, en cuanto a **productos elaborados**, destaca el vino Ayllu que se produce la municipalidad de Toconao, donde incluso se ha desarrollado el enoturismo a través del “Tour del vino”⁶⁴. Otros productos que destacan son: el arrope de chañar (especie de miel vegetal que se obtiene de los frutos del árbol chañar), las harinas de chañar, los productos deshidratados (especialmente a partir de hortalizas como la zanahoria), el té de zanahoria o algunas hierbas medicinales. También se produce un aceite de una calidad muy alta en la comuna del Taltal.

En cuanto a la división territorio, la región se divide en tres provincias: la provincia de Antofagasta, capital Antofagasta, la provincia de El Loa, capital Calama y la provincia de Tocopilla, capital Tocopilla. Estas a su vez se dividen en 7 comunas: Antofagasta, Mejillones, Sierra Gorda, Taltal, Calama, Ollagüe, San Pedro de Atacama, María Elena y Tocopilla.

⁶⁴ <https://www.eltoconar.cl/tours/ruta-del-vino/>

Gráfico 4. División de la producción agrícola por comunas en la Región de Antofagasta



Fuente: Elaboración propia

2.2.2/ Caracterización de la Agricultura del Desierto en Tarapacá y Antofagasta

Durante el trabajo de análisis de las regiones de Tarapacá y Antofagasta, se han establecido una serie de aspectos clave para construir el laboratorio del desierto y alcanzar los objetivos de desarrollo de la agricultura del desierto. Estos aspectos clave son:

| Aspectos clave para construir el laboratorio del desierto | Región de Tarapacá | Región de Antofagasta | |
|---|---|--|--|
| 1. Las infraestructuras públicas | Al desarrollarse mayoritariamente en zonas rurales, la agricultura necesita de una mejor infraestructura que permita un uso más eficiente de los recursos hídricos, un mejor y más barato sistema eléctrico y una mejor conexión terrestre con las zonas urbanas y mejor cobertura de comunicación y datos. También cabe destacar la importancia de implementar sistemas de alcantarillado en algunas zonas, para la obtención de los requerimientos sanitarios. | | |
| 2. Marco legal, normativa y regulación | Este apartado cobra especial importancia por el marco legal de los derechos de agua y suelo, que son fundamentales para aumentar el terreno cultivable y la productividad de los mismos. Por otra parte, la alta burocracia de la legislación sanitaria dificulta la obtención de resoluciones sanitarias. | | |
| 3. Recurso Hídrico: riego, calidad del agua y eficiencia hídrica | En la Región de Tarapacá se encuentran dos fuentes principales de obtención de agua para el riego: los cauces superficiales y los caudales subterráneos | En la Región de Antofagasta las fuentes de obtención del agua para el uso agrícola provienen, principalmente, del Río Loa y de las plantas de desalinización de agua. En la actualidad posee 16 plantas en funcionamiento y 6 en construcción. | |
| | Hay dos tipos de riego: <ul style="list-style-type: none"> • El riego tradicional que es principalmente por inundación de eras, canchones, terrazas, surcos, derrames en terrenos planos y Chipayas o sistemas de pequeños caudales de lento escurrimiento, trazados en finos surcos, de planta a planta, por la vertiente. Este tipo de riego se caracteriza por tener un arraigo en la tradición y la cultura de las comunidades indígenas y resulta ser poco eficiente en la conducción y uso del agua. • Riego mecanizado, a través de: | | |
| | En la Región de Tarapacá, las nuevas técnicas de riego se han desarrollado a través de la mecanización de este, con técnicas como el riego por goteo, aspersión, microaspersión, las cintas de riego autocompensadas por las pendientes o el riego por Nebulización | En la Región de Antofagasta destaca, sin ninguna duda, la hidroponía. Principalmente se ha utilizado la hidroponía horizontal, aunque también hay algún caso de hidroponía vertical. | |
| | La calidad de agua en ambas regiones es mala, como consecuencia de la contaminación del agua por metales y metaloides (B, As, Carbonatos), además de por sus altos niveles de salinidad (Na, Cl). Muchos de los proyectos actuales van dirigidos a la mejora de calidad del agua a través de procesos como la osmosis y la osmosis inversa. | | |
| 4. La energía y las fuentes energéticas | La Macrozona Norte de Chile posee una de las mayores irradiaciones solares del planeta. Esto es una oportunidad para la alta generación de energía, pero también supone retos, por ejemplo, el mayor desgaste del material por las altas temperaturas ambiente y en el módulo, causa de la alta irradiación. La generación eléctrica solar abarata muchos los costes de la agricultura, así como los costes ligados a los procesos de obtención y mejora de la calidad de agua (plantas desalinizadoras, plantas tratadoras, etc.). Por otra parte, hay que añadir que desde el año 2017 el Sistema Interconectado Central (SIC) y el Sistema Interconectado del Norte Grande (SING) se unieron, formando el Sistema Eléctrico Nacional (SEN). Finalmente, otra de las fuentes de energía a tener en cuenta es la energía eólica. | | |
| 5. El suelo y la tierra | Los suelos de la Macrozona Norte de Chile son suelos desérticos que pueden clasificarse en tres tipos: <ul style="list-style-type: none"> • Aridisoles: suelos poco evolucionados debido a la aridez, en regiones interiores • Entisoles: suelos recientes con poca evolución, preferentemente situados en la costa • Histosoles: suelos derivados de tejidos vegetales | | |

| Aspectos clave para construir el laboratorio del desierto | Región de Tarapacá | Región de Antofagasta |
|---|--|---|
| | Sin embargo, la mayoría se pueden clasificar, como salinos, sódicos o salinos/sódicos | |
| 6. Los agricultores del Desierto | <p>Podemos clasificar en dos grupos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Los agricultores de las comunidades interiores son, mayoritariamente, familias campesinas que realizan una agricultura informal, normalmente a través de herramientas y técnicas tradicionales. Muchos pertenecen a Comunidades Indígenas, entre las que destacan Aymaras, Atacameños, Quechuas, y recientemente Changos en Taltal. Los que aparte de sus diferencias culturales tienen similitud en las técnicas agrícolas que emplean. Por otra parte, los agricultores más jóvenes y modernos, normalmente situados cerca de la costa o en zonas de la pampa u oasis, han adaptado una mayor tecnificación. Algunos ejemplos son la hidroponía, los invernaderos, el riego tecnificado o las bombas de agua de riego que funcionan con paneles solares | |
| 7. Manejo y equipamiento adaptado al Desierto | <p>Dos tipos de agricultura:</p> <ul style="list-style-type: none"> Agricultura Tradicional: esquemas tradicionales con sistemas de riego poco eficientes y cuyo conocimiento se transmite como parte arraigada de la cultura tradicional, como el riego por inundación de eras, andenes o terrazas. Equipamiento de baja envergadura, generalmente galpones. Algunos cultivos de secano en el altiplano, como el caso de la Quinoa. Cuentan con el apoyo de la CONADI. Agricultura Moderna: agricultores han incorporado tecnologías de manejo y equipamiento más modernas y adaptadas a las condiciones climáticas como riegos presurizado, cultivos en ambientes controlados con sustratos y con sistemas de riego por goteo. Esta agricultura requiere de una mayor inversión, y se suele dar entre los agricultores más jóvenes. Además, cuentan con el apoyo de instituciones como el INDAP y Sercotec. | |
| 8. Variedades hortofrutícolas | <p>En la Macrozona Norte hay un fuerte potencial para el desarrollo de nuevos productos, por las horas de sol, la falta de lluvia, la capacidad de producción contra estación o las nuevas tecnologías. Pero es necesario transferir la tecnologías ya existentes, validar tecnologías y/o generar nuevas tecnologías, por ejemplo, las variedades específicas que mejor se adaptan a las condiciones climatológicas y geográficas. El trabajo con nuevas variedades ha sido fundamentalmente a partir de trabajos tanto de los centros o instituciones de investigación así como de los propios agricultores individualmente, algunos con fondos públicos y otros autofinanciados. Se trata de proyectos pequeños que funcionan a modo de prueba y error, y que en muchas ocasiones no se registran los resultados. En este aspecto hay que diferenciar entre los productos locales, que dan identidad a la región (zanahoria, ajo, choclo, capulí, orégano, tumbo, mango, guayaba, maracuyá, huacatay, quinua, papas altiplánicas) y las nuevas especies y/o variedades que se han adaptado al clima del desierto (duraznos, manzanas, ciruelas, frutilla, chía, espárrago, frambuesa, rúcula, melón, sandía, zapallos, alcachofa, azafrán, dátiles, etc.)</p> | |
| 9. Problemas sanitarios | <p>Son varias las plagas a las que se enfrenta la región, destacando el caso de la mosquita blanca para los cítricos y la mostaza negra en las comunidades del interior, aunque por las condiciones climáticas, las plagas no son un problema como en otras áreas geográficas. El mayor impedimento para lograr los requerimientos sanitarios suelen ser la falta de formalización de los agricultores, el exceso de documentación y burocracia para la consecución de estas resoluciones y la falta en algunas zonas aisladas de alcantarillado.</p> | |
| 10. Capacitación y transferencia tecnológicas | <p>En la Región de Tarapacá, la Universidad Arturo Prat es la única universidad que imparte el Grado de Agronomía. Se trata de una carrera de 10 semestres que se centra en la agricultura en Zonas Áridas-Desérticas.</p> <p>Hay dos centros para la formación de técnicos agrónomos: El Liceo Padre Alberto Hurtado Cruchaga y el Liceo Técnico Profesional Colchane. Entre ambos liceos suman en torno a 30-40 alumnos al año.</p> | <p>En la Región de Antofagasta ninguna universidad imparte el grado en agronomía, y solamente el Liceo Agropecuario Likán Antai imparte la capacitación para formar técnicos agrícolas. Además, este liceo ha tenido problemas por el bajo número de alumnos, aunque en los últimos años ha podido estabilizar este número en torno a los 10 alumnos anuales.</p> |
| 11. Encadenamiento productivo y comercialización | <p>Escasa transformación de los productos agrícolas y baja comercialización fuera de los mercados locales y regionales. A pesar de contar con una fuerte demanda y un nicho de mercado gourmet, por las características únicas de la agricultura en el desierto, la baja productividad unido a la poca coordinación entre los actores dificulta en gran medida adaptarse a los estándares internacionales para poder exportar productos. En la actualidad, algunos productos cuentan con sellos distintivos que favorecen su comercialización, como es el caso del Limón de Pica, que fue la primera Indicación geográfica Protegida de Chile y la Quinoa o las hierbas medicinales de Colchane, que están trabajando para conseguir la certificación orgánica.</p> | |

| Aspectos clave para construir el laboratorio del desierto | Región de Tarapacá | Región de Antofagasta |
|---|--|-----------------------|
| 12. Hibridación con otros sectores | Es importante explorar nuevas formas de desarrollo y mejora de las zonas rurales. El turismo y la gastronomía están muy ligadas al mundo rural y la producción agrícola, especialmente con el desarrollo del turismo de experiencias. Gracias a ello se puede potenciar la agricultura tradicional y la utilización de los alimentos en la cocina local. Además, hay otros sectores que pueden mejorar los ingresos de los agricultores, como el sector farmacéutico y el sector cosmético, a través de los principios activos que pueden sacar de los productos, incluyendo los desechos. Además se pueden poner en valor relictos arqueológicos de los inicios de la agricultura de desierto, como la aldea de Ramaditas | |

1. Las infraestructuras públicas

Las infraestructuras pública son clave para el desarrollo agrícola en la actualidad. Hay que tener en cuenta que muchas de las zonas agrícolas son zonas rurales, alejadas de las urbes, y cuyo sistema de infraestructuras suele ser más limitado. En este epígrafe se repasan algunas de estas infraestructuras que son importantes para el desarrollo de la agricultura en las regiones de Tarapacá y Antofagasta.

- **Conexión Eléctrica:** Muchas de las zonas rurales aún no disponen de una conexión eléctrica 24/7, por lo que es un impedimento para la atracción de personas o para la transformación de productos, entre otras cosas.
- **Acceso por carretera:** De forma similar al punto anterior, muchas de las zonas rurales aún no disponen de accesos asfaltados, lo cual, unido al pequeño tamaño de las producciones, es un impedimento a la hora de la comercialización de los productos, pues lo alejan de los mercados y encarecen el precio.
- **Sistemas de alcantarillado y recogida de desechos:** Otro de los problemas más recurrentes durante las entrevistas ha sido las dificultades de obtención de los requerimientos sanitarios. Y aunque los problemas eran varios, uno de ellos estaba relacionado con el sistema de alcantarillado, lo cual es otra de las infraestructuras públicas vitales para el avance del rubro.
- **Canales:** Como se ha mencionado durante todo el documento, toda mejora de la agricultura del desierto pasa por mejorar la eficiencia en la utilización de los recursos hídricos. Por ello, es vital reforzar el sistema de canales, pues en la actualidad, según datos del CNR, puede haber tramos con una fugas superiores al 30%. Es importante conocer los sistemas tradicionales de transporte de agua, para poder combinar

la tradición con nuevos sistemas de plásticos más baratos y eficientes, y, de esta forma, reducir estas pérdidas. También es importante contar con un software que permita un mayor control de monitoreo de estos sistemas de conducción del agua.

- **Estanques acumuladores y piscinas estancas:** Las lluvias estivales provocan grandes cantidades de agua que se desaprovechan, a veces generando aluviones y otros desastres, que se han visto avivados por el cambio climático. Unos pequeños estanques o piscinas de acumulación pueden retener estas cantidades de agua, pudiendo así ser utilizadas más adelante para el riego de los predios cercanos, así como para detener el efecto de estos aluviones.
- **Desalinizadoras:** Parece ser que el principal recurso para aumentar la masa de agua disponible pasa por la construcción de plantas desalinizadoras. Aunque el transporte de esta agua a las zonas interiores aún no parece posible, el simple uso en las zonas costeras de esta agua permite poder aumentar el uso de los recursos hídricos ya existentes de las zonas interiores (cursos superficiales o subterráneos). Cabe indicar que también hay otras alternativas, como pueden ser los atrapanieblas, y que en cualquier caso sería necesario analizarlo en cada caso específico.
- **Bocatoma:** Ligado al anterior, también existe la capacidad de construcción de bocatomas. Los bocatomas son estructura hidráulica destinada a derivar parte del agua disponible hacia los sistemas de riego. En estas regiones, los bocatomas se situarían en el lecho de los ríos y en las plantas desalinizadoras costeras para hacer circular el agua hacia las zonas de riego.
- **Internet y cobertura móvil:** Algo que puede parecer básico, pero que muchas zonas rurales aún carecen de ello o al menos con una calidad suficiente para poder incorporar tecnología de forma eficiente.
- **Sensores y otros sistemas de obtención y monitoreo de datos:** Finalmente, es importante la instalación de sensores y otros sistemas de obtención y monitoreo de datos que permitan conocer la realidad en cada momento faciliten la toma de decisiones. En la actualidad no hay una red de estaciones meteorológicas.

2. Marco legal, normativa y regulación

En cuanto al código de aguas en Chile, a partir del año 1979, la legislación de aguas ha consagrado un sistema de libre creación y transferibilidad de los derechos de aguas que tiene por finalidad facilitar el funcionamiento de mercados de derechos de agua. Lo anterior se ha visto reforzado constitucional y legalmente mediante las mismas garantías que los derechos de propiedad, a los titulares de derechos de aguas, estableciendo una total libertad de transacciones de los mismos, transacciones que pueden realizarse conjunta o separadamente de la tierra, y sin privilegiar ningún tipo de utilización del agua por sobre otro.

Se ha consagrado una total libertad para el uso de las aguas a las que se tiene derecho, no estableciéndose la obligatoriedad de este uso, y permitiendo el cambio de uso de las mismas aguas, como por ejemplo el agua para el riego por consumo humano.

La obtención y conservación de los derechos de aguas es totalmente gratuita y no está sujeta ni a tasas ni a impuestos especiales. Además, los particulares tienen una garantía constitucionalmente protegida para obtener un derecho de aguas.

En el 2005, el código sufre modificaciones mediante la ley 20107. Desde el 2011, por moción parlamentaria, se inició la discusión del proyecto de ley que busca reformar el Código de Aguas.

El proyecto ha sufrido cambios significativos durante su tramitación, a través de indicaciones sustitutivas presentadas en 2014 por el gobierno de Michelle Bachelet y en 2019 por el gobierno de Sebastián Piñera, dando sucesivos cambios a su prioridad legislativa. Actualmente el proyecto de ley se encuentra en discusión ante la Comisión de Agricultura del Senado.

El proyecto, en su versión actual, busca modificar el concepto de derechos de aprovechamiento de aguas, con el objeto de darles un carácter temporal; restringir el uso de ciertos derechos de aprovechamiento de aguas en situaciones de escasez; establecer causales de extinción y caducidad; facilitar la intervención en áreas hidrológicas por parte del Estado; y reformar el sistema de pago de patente por no uso.

Desde su origen en 1985, la Ley de fomento a la inversión privada en obras de riego y drenaje (N° 18.450), del Ministerio de Agricultura, ha tenido como objetivos principales otorgar una bonificación al costo de construcción de proyectos de riego para incrementar la superficie regada del país, mejorar el abastecimiento de agua en áreas de riego deficitarias, incentivar un uso más eficiente del agua e incorporar nuevos suelos a la explotación agropecuaria, vía la solución de problemas de drenaje o facilitando la puesta en riego de suelos de secano.

En año 2013, la Ley N° 18.450 es modificada (Ley N° 20.705, del Ministerio de Agricultura) con el objetivo de poder abordar obras de riego y drenaje, integrales y de uso múltiple, cuyo costo supere las 30.000 UF con un tope máximo de 250.000 UF.

3. Recurso Hídrico: riego, calidad del agua y eficiencia hídrica

En este apartado se relatará todo lo relacionado con el riego, la calidad del agua y la eficiencia hídrica. Como se ha comentado anteriormente, este factor es uno de los principales limitantes para la agricultura en el desierto, tanto por la escasez de agua, que provoca el estrés hídrico (la demanda de agua es más alta que la cantidad de agua disponible), como por la baja calidad del agua en muchas de las zonas, debido a los materiales que esta arrastra (metales pesados, salitre, etc.). También el riego es muy importante, pues gracias a la tecnología, las nuevas técnicas de riego permiten mejorar la eficiencia del agua, así como la calidad de la misma, alejándose de las técnicas tradicionales de riego en terrazas o por inundación.

Para hacer una correcta caracterización de este recurso hay que distinguir entre las regiones de Tarapacá y Antofagasta, ya que el agua para el riego procede de fuentes diferenciadas, aunque ambas tengan unas precipitaciones similares: 200 mm de agua caída en el año, en áreas andinas ubicadas por encima de los 4.000 metros de altura, y la ausencia total de lluvias en las pampas interiores y desiertos costeros⁶⁵.

En la **Región de Tarapacá** encontramos dos fuentes principales de obtención de agua para el riego: los **cauces superficiales y los caudales subterráneos**.

⁶⁵ Isabel María Madaleno y Alberto Gurovich (2007) Usos conflictivos del agua en el norte de Chile

Los cauces superficiales están formados por afloramientos y arroyos transversales que atraviesan las quebradas, cuyo caudal proviene desde las vertientes, de las lluvias estivales y la presencia de nieves cordilleranas en las cumbres volcánicas. Estos caudales, según la CNR⁶⁶, abastecen, principalmente, a las cuencas preandinas exorreicas (Camiña, 58% del caudal superficial aprobado) y a las zonas altiplánicas (Colchane y Pica, 29% del caudal superficial aprobado). El Pica también obtienen agua de las Cochas y socavones, unas termas al aire libre que le conceden la característica de oasis.

Por su parte, los caudales subterráneos, principalmente se trata de napas freáticas, se utilizan en la Pampa del Tamarugal (Huara, Pozo Almonte y Pica, 56% del caudal en derechos subterráneos), así como también en el sector altiplánico (Colchane y Pica, 39% del caudal en derechos subterráneos). Sin embargo, estas aguas subterráneas cada vez se encuentran a niveles mayores de profundidad, siendo necesarias nuevas excavaciones a mayor profundidad para poder disfrutar de estas.

Por su parte, en **la Región de Antofagasta** las fuentes de obtención del agua para el uso agrícola provienen, principalmente, del **Río Loa y de las plantas de desalinización de agua**.

El Loa se origina en la comuna de Ollagüe, en la Cordillera de los Andes, a 4.277 msnm y desemboca en el océano Pacífico, en el límite entre la Región de Tarapacá y la Región de Antofagasta, tras haber recorrido 440 km. Su caudal medio es de 2,43 m³/s. En su trayectoria, el río Loa atraviesa el desierto de Atacama pasando por algunas municipalidades con tradición agrícola como Chiu Chiu, Calama, María Elena o Quillagua. Los tributarios más importantes son los ríos San Pedro, Salado y San Salvador.

El río Loa y sus tributarios han sustentado la agricultura tradicional de la región, especialmente las comunas de Calama, San Pedro de Atacama y María Elena. Las aguas que circulan por El Loa se caracterizan por su contenido salino, que va de los 1.100 uS/cm en su cabecera hasta los 17.000- 19.000 uS/cm en su desembocadura⁶⁷. También posee unos valores de boro muy alto, de aproximadamente 30 mg/L.

⁶⁶ CNR, Teknoriego (2017). Diagnóstico para desarrollar plan de riego en región de Tarapacá

⁶⁷ CNR (2003). Diagnóstico del riego y drenaje en la II Región

Para tratar de aprovechar otras fuentes de recursos hídricos, la región lleva décadas estudiando alternativas. Una de las primeras alternativas fue la utilización de las aguas servidas para recargar acuíferos, previo tratamiento primario de ellas. Aguas Antofagasta, la empresa que gestiona algunas de estas plantas, ya abastece a algunas poblaciones con este tipo de agua tratada, transportándola a través de camiones aljibe para el uso agrícola.

Sin embargo, la gran alternativa para la obtención de agua han sido las plantas desalinizadoras. Estas plantas, que en la actualidad funcionan mediante osmosis inversa, han supuesto una de las principales fuentes para el recurso hídrico destinado al consumo humanos en las zonas costeras de la región (Antofagasta, Mejillones, Taltal y, próximamente, Tocopilla), así como para el uso industrial y, específicamente en esta región, para el uso de las mineras. En total, las plantas desalinizadoras en la región son⁶⁸:

- 4 plantas operadoras de agua potable
- 12 plantas del sector minero e industrial
- 6 proyectos en construcción (3 para agua potable)

De hecho, Tocopilla se convertirá en la ciudad de mayor población de Latinoamérica en abastecerse 100% con agua desalinizada, gracias a la Planta Desaladora Tocopilla promovida por Aguas Antofagasta, que dará cobertura a sus 25.000 habitantes.

Aunque en menor medida, la agricultura también aprovecha este recurso, bien sea porque se liberan otras fuentes de agua o porque directamente aprovechan el agua de las plantas desalinizadoras, transportándolo a los predios a través de camiones aljibe (casos específicos en Zalama, Taltal o Altos La Portada). Sin embargo, se trata de experiencias aisladas, subvencionadas y difícilmente escalables, pues en la actualidad el costo de esta agua es demasiado elevado para producir de forma eficiente. En el futuro, con la disminución de costes, entre otras cosas gracias al desarrollo de la energía solar (pues la electricidad el principal coste en la producción de estas plantas) esta fuente puede disminuir el costo de la generación de agua y, por lo tanto, tener mayor repercusión para el uso agrícola, de ahí que sea la principal alternativa en la actualidad.

⁶⁸ Consejo Políticas de Infraestructuras (CPI) a fines de 2019

Considerando el riego para uso agrícola, se pueden diferenciar dos tipos de riego: **el riego tradicional y el riego tecnificado**.

En cuanto al **riego tradicional**, existen principalmente cuatro fórmulas: inundación de terrazas; surcos diseñados en los andenes; derrames, en terrenos planos; y Chipayas o sistemas de pequeños caudales de lento escurrimiento, trazados en finos surcos, de planta a planta, por la vertiente.⁶⁹ Este tipo de riego se caracteriza por tener un arraigo en la tradición y la cultura de las comunidades indígenas, por lo que se da en mayor medida en las comunas del interior, y resulta ser poco eficiente en el uso del agua, tanto por la pérdida de transporte mediante canales abiertos, como por el uso masificado para el riego.

Por este motivo, para mejorar la eficiencia del uso hídrico para estos agricultores se proponen alternativas que permitan combinar la tradición con una mejora eficiencia. Estas alternativas pasan, principalmente, por la mejora de las infraestructuras, como el revestimiento de canales o la construcción de pequeños estanques o piscinas estancas de acumulación, que permitan aprovechar el agua de las lluvias estivales, acumulándola para usar en el riego. Hay otras alternativas, pero menos desarrolladas.

En cuanto al **riego tecnificado**, vamos a diferenciar entre ambas regiones.

En la **Región de Tarapacá**, las nuevas técnicas de riego se han desarrollado a través de la mecanización de este, con técnicas como el **riego por goteo**, el **riego por Aspersión**, el **riego por Microaspersión**, las **cintas de riego autocompensadas** por las pendientes o el **riego por Nebulización**. Algunos agricultores, más tecnificados, poseen bombas de riego electrificadas que funcionan mediante energía solar, pero estos avances aún no están extendidos de forma generalizada.

En abril del 2020 se aprobó, a través de un convenio de cooperación entre la Corporación Nacional de Desarrollo Indígena y la Secretaria Regional Ministerial de Agricultura de Tarapacá, un proyecto de cultivos hidropónicos bajo invernaderos. Es uno de los pocos proyectos de cultivo hidropónico en la región, junto con el desarrollado en la caleta de San Marco y Pisagua con

⁶⁹ Castro, M. (1993): «El campesinado altoandino del Norte de Chile»

el apoyo del Programa Mujeres Rurales INDAP-Prodemu y el convenio CRN-GORE que también incluye construcciones de invernaderos hidropónicos.

Finalmente, destaca el caso de **la Quinoa**. La Quinoa ha sido un cultivo de secano, lo que ha provocado que su producción dependa mucho de las lluvias. Con la creciente competencia de Perú y Bolivia, desde el INDAP se han desarrollado algunos avances para tecnificar el riego y obtener mejores producción, además de poner a disposición de los agricultores maquinaria, de tal forma que les permita avanzar con los procesos productivos.

En la **Región de Antofagasta** destaca, sin ninguna duda, la **hidroponía**. En la región se han desarrollado diferentes proyectos de hidroponía con bastante éxito, en comunas como Tocopilla, con el caso de hidroponía en Quillagua, Mejillones o Antofagasta, con el proyecto de hidroponía de la Asociación de Agricultores de Altos La Portada (Asgralpa), que se trata de uno de los casos de mayor éxito y reconocimiento en hidroponía de la Macrozona Norte.

Asgralpa se constituyó como asociación gremial desde 2006 mediante la unión de dos organizaciones agrícolas con más de diez años de experiencia en el sector agrícola, quienes se trasladaron desde La Chimba y el kilómetro 12 al sector de Altos La Portada. Esta asociación está formada por unos 140 agricultores, cada agricultor posee media hectárea para producir y en total se dispone de unas 100 hectáreas, por lo que puede aumentar el terreno por agricultor o el número de agricultores, pero en la actualidad hay una parte sin producción.

En la actualidad, estos cultivos hidropónicos están produciendo, principalmente, lechugas, tomates y otras hortalizas de hoja, cuyo valor agregado de este sistema de riego es que les permite mejorar la eficiencia hídrica, ajustándose a la realidad de la región.

Además, estos agricultores de Altos La Portada, se han convertido en la primera experiencia de hidroponía con agua proveniente de plantas desalinizadoras, gracias al acuerdo de venta alcanzado entre Aguas Antofagasta y Asgralpa.

Otro caso de éxito es la hidroponía de Quillagua. Quillagua es una localidad con una tradición agrícola que se fue perdiendo como causa del descenso del caudal del río Loa y el aumento de la contaminación de este. Por este motivo,

la población traslado su trabajo hacia el campo de la minería. Como parte de una línea de trabajo de la minera SQM, se realizó el proyecto de hidroponía con una superficie de 1.000 m² donde se han producido hortalizas, principalmente lechugas, de una calidad alta. Fue el primer galpón hidropónico con resolución sanitaria en la región y manejado por la comunidad Aymara. Este proyecto ha sido replicado por el INDAP en Socaire y Talabre, con la ayuda de Hidroponías Chile.

Ya fuera de la hidroponía, se está buscando el transporte de agua de desalinizadoras desde la planta de Taltal hasta la zona de cultivo de los olivos, a través de algún canal. Cabe recordar que, hasta la fecha, el agua para estos cultivos se ha obtenido a través del transporte de agua en camiones aljibe y, en menor medida, a través de atrapanieblas.

Precisamente esta técnica de los atrapanieblas, que consiste en captar el agua de la Camanchaca (neblina costera, dinámica y copiosa, que se produce en el Océano Pacífico) está siendo la otra opción que están desarrollando los productores de aceite de oliva de Taltal, gracias a la experiencia piloto del primer atrapanieblas de 150m² que se instaló. Mediante este atrapanieblas se ha podido comprobar que estos son capaces de acumular en torno a 1,5 l diarios por m². Este buen resultado ha llevado a que en la actualidad se haya aprobado la implantación de 200 atrapanieblas más en dos fases (2020 y 2021).

Finalmente, hay que hablar sobre la **calidad del agua**. La alta salinidad de las regiones y el consecuente agua salobre para el riego, unido a la contaminación del agua por metales y metaloides (Na, PSS, SP, boro y litio)⁷⁰, ha provocado que muchos cultivos sean poco productivos e incluso en algunos casos no aptos para el consumo.

Por ello, una de las principales líneas de mejora es en la calidad del agua, a través de procesos de limpieza con técnicas como la osmosis y la osmosis inversa. Este mejoramiento de las aguas permitiría aumentar la producción y disponer de nuevos usos del agua, como el retorno del agua en cultivos hidropónicos o el uso de aguas servidas.

⁷⁰ Herrera Apablaza, V et al. (2018). Calidad del agua subterránea para el riego en el Oasis de Pica, norte de Chile. Idesia (Arica), 36(2), 181-191.

Existen diversos proyectos financiados por el CNR, que buscan mejorar la calidad del agua de riego, bajando el nivel de sales y la concentración de boro.

4. La energía y las fuentes energéticas

El norte de Chile posee una de las mayores irradiaciones solares del planeta de, aproximadamente, unos 2.500 kWh/m² al año. Esto es una oportunidad para la alta generación de energía, pero también supone retos, por ejemplo, el mayor desgaste del material por las altas temperaturas ambiente y en el módulo, causa de la alta irradiación. Este desgaste del módulo lleva a una menor eficiencia. También la alta cantidad de polvo conlleva una pérdida de eficiencia y una mayor necesidad de limpieza de las placas solares.

En la actualidad, la electricidad supone uno de los mayores costes en la producción agrícola, además de ser un recurso limitado en algunos de los municipios más aislados de ambas regiones. La implantación de paneles solares puede ser la solución de ambos problemas, dando una cobertura de electricidad completa a estos municipios y rebajando los costes eléctricos, tanto a la región en general como a los agricultores en particular. Además, hay que añadir que desde el año 2017 el Sistema Interconectado Central (SIC) y el Sistema Interconectado del Norte Grande (SING) se unieron, formando el Sistema Eléctrico Nacional (SEN).

La generación de energía solar supone también una oportunidad para la reducción de costes de las plantas de desalinización de agua, y combatiendo de esta forma la escasez del recurso hídrico, que es la principal brecha a la que se enfrentan las regiones áridas.

Por todo ello, durante los últimos años muchos de los proyectos de investigación y aplicación que se han dado en ambas regiones ha ido ligado a esta implementación de energía solar. Algunos de los principales activos para la investigación y mejora de estas tecnologías son:

- La estación experimental Alto Patache, ubicado en Tarapacá y perteneciente a la Pontificia Universidad Católica de Chile
- El Center for Solar Energy Technologies (CSET), controlado por la Pontificia Universidad Católica y la Fundación Fraunhofer
- La Plataforma Solar del Desierto de Atacama (PSDA), perteneciente a la Universidad de Antofagasta

En el año 2019, Chile contaba con una energía solar instalada de 2.654 MW, lo que supone una penetración del 11% en el sistema⁷¹. Tarapacá cuenta a finales de 2019 con 8 plantas solares instaladas, que entre todas suman 158MW instalados, es decir, aproximadamente el 6% de la potencia instalada en el país. Además, hay varios proyectos en construcción como la Granja Solar o Cielos de Tarapacá, que contarán con una potencia de 105 y 600MW respectivamente. Por su parte, Antofagasta posee 14 plantas en funcionamiento que entre las suman 849MW instalados, lo que supone el 32% del total instalado en el país⁷².

Además, ambas regiones cuentan con otros proyectos de energías renovables como energía eólica, geotérmica o minihidráulica. La energía eólica puede ser importante, aunque en menor escala que la solar pero complementaria a esta.

A pesar de esta capacidad de generación eléctrica, son muy pocos los agricultores que han tecnificado sus plantaciones a través de energías renovables. Esto es consecuencia de la falta de inversiones de los agricultores, ya que, como se comentó al principio del epígrafe, se trata por lo general de familias agrícolas campesinas informales, con agricultores en edad avanzada y con escasos conocimientos sobre los avances y sus repercusiones en los beneficios de la producción.

Con todo ello, si observamos la situación regional, se puede decir que ambas regiones están en una situación similar, destacando por encima la comuna de Pica, que posee una mayor adopción de bombas eléctricas para la extracción de aguas subterráneas a partir de energía solar, aunque la situación también está lejos de ser algo generalizado.

También hay casos aislados en otras comunas e incluso en la hidroponía, que poseen por lo general de mayor tecnificación, pero siguen representando un bajo porcentaje. Esto supone un paso atrás para los agricultores, pues la falta de adopción de esta tecnología encarece en gran medida su producto.

En general, INDAP, CONADI y las Secretarías Regionales Ministeriales de Energía y Medioambiente, desarrollan diversos programas para que estas tecnologías se extiendan entre los agricultores. Sin embargo, a través de las

⁷¹ Generadoras de Chile

⁷² Datos obtenidos de <http://datos.energiaabierta.cl/dataviews/245691/capacidad-instalada-de-generacion-sen/>

entrevistas con los agricultores, estos echan en falta una mayor cualificación sobre todas estas incorporaciones, así como un mayor seguimiento de los proyectos. Por estos problemas de cualificación y seguimiento, algunos proyectos han sido abandonados, uno de los ejemplos más repetidos ha sido el caso de pérdida de eficacia de los paneles solares por la falta de limpieza y acumulación del polvo del desierto.

5. El suelo y la tierra

Sobre la base de las unidades cartográficas identificadas por Luzio y Alcayaga (1992)⁷³, pueden distinguirse, a rasgos generales, diferentes tipos de suelos para la zona norte, los que se describen a continuación.

Los suelos desérticos en Chile corresponden a los ubicados entre el límite internacional con el Perú (Región de Arica y Parinacota) hasta las cercanías de Copiapó (Región de Atacama). Dentro de esta zona es posible distinguir suelos del tipo Aridisoles (suelos poco evolucionados debido a la aridez, en regiones interiores), Entisoles (suelos recientes con poca evolución, preferentemente situados en la costa) e Histosoles (suelos derivados de tejidos vegetales)⁷⁴.

Los suelos del desierto pueden clasificarse así (Henriquez, 2013)⁷⁵:

- a) Entisoles, que se localizan en los lomajes de la Cordillera de la Costa. Son suelos de gran variabilidad en textura, pedregosidad, profundidad, color y grado de desarrollo, marcadamente coluviales y esqueléticos-francos en todo el perfil.
- b) Andisoles, localizados principalmente en le Depresión Intermedia y el piedmont, son suelos poco evolucionados, derivados de sedimentos gruesos, diferenciándose según se ubiquen en las pampas no salinas donde en algunos casos es posible encontrar con horizontes cámbico, cálcico y petrocálcico. La pampa presenta zonas con altas concentraciones salinas.

⁷³ Luzio, W., & Alcayaga, S. (1992). Mapa de asociaciones de grandes grupos de suelos de Chile. *Agricultura Técnica*, 52(4), 347-353.

⁷⁴ Leighton, W. L. (2010). *Suelos de Chile*. Universidad de Chile.

⁷⁵ Henriquez, Gabriel. (2013). *Recurso suelo*. I Región de Tarapacá. CIREN.

En los valles los suelos son de origen aluvial, de texturas gruesas y con diferentes grados de salinización y sodificación.

- c) Histosoles, suelos derivados de materiales vegetales o minerales, predominan en el Altiplano a 3.000 m.s.n.m., conocidos como bofedales.

La región de Atacama al sur de Copiapó y la Región de Coquimbo presentan suelos ubicados en las serranías interiores y costeras entre Copiapó y Los Vilos. Estos suelos son de los órdenes Aridisoles (sectores interiores) y Entisoles (sectores costeros), con predominancia de los Aridisoles. En los sectores más costeros los suelos son muy similares a los descritos en la primera unidad cartográfica, en el sector norte de esta zona los suelos presentan un horizonte petrocálcico (horizonte rico en carbonatos y cementado por los mismos) en su primer metro de profundidad, más al sur los suelos de las llanuras de la Depresión Intermedia son de desierto, evolucionados por el aumento de las precipitaciones y la cobertura vegetal.

En cuanto al uso de los suelos, en la zona precordillerana y cordillerana este es escaso y puede considerarse de dos tipos básicos: el primero concentrado en algunas escasas localidades situadas en quebradas y coluvios precordilleranos, donde el clima y los suelos presentan condiciones más favorables; se cultivan aquí, generalmente en terrazas artificiales (andenes), papas, maíz, orégano, cuya producción es importante desde el punto de vista local, aprovechando antiguos sistemas de regadío, en la medida que la dotación de agua lo permite. El segundo tipo de uso básico es el de una ganadería de ovinos y camélidos, muy extensiva que aprovecha las praderas naturales altoandinas, durante las épocas de mayor rigurosidad climática en la estepa altiplánica.⁷⁶

Por su parte, en las áreas agrícolas de Quebradas y Terrazas Artificiales, aparecen algunos sectores microclimáticos que permiten un uso más intenso de los suelos. Las áreas propiamente agrícolas, en terrazas aluviales y artificiales que se presentaron en menor altura, tienden a desaparecer en esta Unidad, y son paulatinamente reemplazadas por superficies de suelos turbosos (bofedales), uso ganadero (auquénidos y ovinos), mantenidos gracias a aguas corrientes o de vertientes.

⁷⁶ Naveas Leiton, A. M., & Muñoz Luza, M. (1979). Fragilidad de los ecosistemas naturales de Chile. IREN

Finalmente, en la zona correspondiente al piedmont de la precordillera, el terreno es arena, con salinidad, lo que puede verse agravado por la calidad del agua. En esta zona se localizan los Oasis de Matilla, Pica, La Calera, Santa Rosita. En esta zona lo que se pierde en productividad por efecto de las sales o el boro, pero se compensa con la tasa de fotosíntesis, producto de la alta intensidad luminosa, por la ausencia de nubosidad y de heladas.

Para la mejora de los suelos, existen los programas SIRDS, que son desarrollados por INDAP y el SAG y que consiste en la recuperación y mejora de suelo a través de la incorporación de materia orgánica, principalmente estiércol. Esto, además, supone una fuente de ingreso extra para los ganaderos de la región.

Otra de las prácticas locales observadas para la mejora de los suelos es la incorporación de arena en los suelos arcillosos.

6. Los agricultores del Desierto

Para la caracterización de la agricultura es preciso hacer una diferenciación clara entre las comunidades costeras y las comunidades de interior.

Por una parte, **los agricultores de las comunidades interiores son, mayoritariamente, familias campesinas que realizan una agricultura informal, normalmente a través de herramientas y técnicas tradicionales.** También se trata, mayoritariamente, de adultos mayores, cuyos hijos han ido hacia las zonas urbanas y no tienen relevo generacional, siendo de esta forma más difícil la implementación de nuevas tecnologías e innovaciones.

Por otro lado estarían los **agricultores cercanos a la costa.** Se trata de **agricultores más modernos, que han adoptado técnicas e instrumentos más novedosos respecto a los agricultores de las comunidades interiores, como la hidroponía, el riego tecnificado o las bombas de agua de riego que funcionan con paneles solares,** entre otros, pero que aún representan un número muy pequeño.

Aunque en Antofagasta se ve de forma más clara esta diferenciación, en la Región de Tarapacá es cierto que en muchas zonas se mezclan los agricultores

tradicionales y los modernos, siendo la diferenciación más vinculada a factores culturales y de edad.

A pesar de tratarse de comunidades bastante diferenciadas, hay que tener en cuenta que hay muchas excepciones dentro de cada comunidad. Sin embargo, también hay algunas características comunes independientemente al territorio, como que los predios medios entre los agrícolas de ambas regiones tienen, aproximadamente, una superficie de entre 0,5 y 1 hectárea y que su productividad no es muy alta, a consecuencia de diversos factores como la calidad del agua, las características del suelo, la escasez hídrica o la lejanía de los centros de compras, entre otras.

Otro de los factores comunes que ha sido remarcado en varias ocasiones durante las entrevistas con los actores es la falta de coordinación entre los agricultores. Estos, generalmente agrupados en asociaciones, tienen muy poca coordinación con otras asociaciones o grupos de su entorno, en ocasiones marcada por la falta de confianza. Esta ha sido una de las principales brechas señaladas, y uno de los limitadores a la hora de que la agricultura avance, y por lo tanto deberá ser considerado como línea de actuación para el laboratorio.

Además de los citados, otros de los problemas que se han destacado durante las entrevistas con los actores son:

- Falta de mano de obra, que provoca que no haya relevo generacional y que muchas tierras no se puedan cultivar. Esto es consecuencia de la falta de atractivo del rubro y las dificultades ligadas a este, frente a otros rubros más atractivos para los jóvenes como la minería o el turismo.
- Ligado a esto, también se observa una falta de profesionalización en la actividad agrícola. Muchos de los agricultores no se dedican de forma exclusiva a la agricultura.
- Otro de los problemas detectados es la dificultad para obtener financiación que permita hacer las inversiones necesarias para modernizar los predios y mejorar la rentabilidad de estos.
- Los derechos de tierra y agua son otro de los problemas más recurrentes que muestran los agricultores.

7. Manejo y equipamiento adaptado al Desierto

La **agricultura regional sigue esquemas tradicionales**, asociados a la cultura étnica de los agricultores, los que en su mayoría son de origen Aymara. Utilizan **sistemas de riego poco adaptados** a la agricultura del desierto, pues aún se riega por tendido, en grandes eras y platabanda con altas cargas de agua. Esta técnica está arraigada en la sabiduría popular ya que mediante este proceso lavan suelos y dejan las sales en disolución, lo que les permite obtener cosechas adecuadas. En el **altiplano**, la cultura del riego está poco difundida ya que la quinua y los otros pocos **cultivos son sembrados en secano**.

El **equipamiento que usan es de baja envergadura**, básicamente motocultores, lo cual se debe el tamaño y topografía de los terrenos. En este caso gran parte del manejo cultura se hace a mano. En la zona del altiplano se ha generalizado el uso de maquinaria agrícola mayor como tractores y sembradoras.

En el caso de la Quinua, en Colchane existen dos plantas procesadoras. Sin embargo, estas no cumplen las normas de certificación, y las inversiones para hacerlas funcionar son demasiado costosas.

Por otra parte, los **agricultores más tecnificados** sí que han incorporado tecnologías de **manejo y equipamiento más modernas** y adaptadas a las condiciones climáticas. El equipamiento pasa, principalmente, por el riego tecnificado y el cultivo bajo invernaderos. Mucho del equipamiento adquirido se ha tenido que adaptar a las condiciones climáticas de desierto, como los plásticos de los invernaderos, los paneles solares, las mallas de sombreo, etc.

En cuanto a los manejos, también se han ido adaptando para adecuarlos a estos nuevos tipos de agricultura, como los cultivos hidropónicos, horizontales y verticales, las nuevas variedades hortofrutícolas, etc. Aunque faltan algunas plantas clave para mejorar, como las salas de post cosecha o un almacenamiento de agroquímicos.

Finalmente indicar que tampoco hay equipamiento que genere información climática y, por lo tanto, es difícil poder adaptar las decisiones productivas agrícolas a estas.

8. Variedades hortofrutícolas

El tema de las variedades ha sido fundamentalmente a partir de trabajos individuales de agricultores, algunos con fondos públicos y otros autofinanciados. Se trata de proyectos pequeños que funcionan a modo de prueba y error, y que en muchas ocasiones no se registran los resultados. Es importante registrar estos resultados para poder ir aprendiendo y probando cosas nuevas.

En la Macrozona Norte hay un fuerte potencial para el desarrollo de nuevos productos, pero es necesario conocer su desarrollo, las variedades específicas que mejor se adaptan a las condiciones climatológicas y geográficas, etc. La región de Arica y Parinacota ya está ejerciendo como laboratorio para muchas de las empresas de Israel y Almería, para que estos prueben variedades de semillas en diferentes alturas y suelos.

Hay variedades hortofrutícolas con un alto potencial de desarrollo, como puede ser la quinua, el azafrán el cultivo de palma datilera, el tumbo, el capulí, la uva, el orégano, el ajo, la aloe vera, los melones, los tomates, las hortalizas de hoja, las hierbas medicinales o las flores como gladiolos y calas.

Respecto de los dátiles, según datos del CIREN 2019 se trata de la única región donde se plantan. Durante el último año la exportación mundial de dátiles fue de USD 4,500MM. Considerando esto, el cultivo de dátiles presenta una importante oportunidad para la agricultura de desierto del norte de Chile. Si bien, el cultivo de esta especie en el país se inició el año 68, limitaciones en la reproducción de las palmas datileras ha estancado el desarrollo de la industria.

El azafrán es uno de los cultivos más rentables en el mundo, requiere alta mano de obra y es posible cultivarlo con calidad en muy pocas zonas del mundo, su precio fluctúa entre los 3 y 6 millones de pesos por kg, pudiéndose cosechar hasta 20 kg por ha (Sciolino, 2015). Entre los años 2016 al 2019, con financiamiento FIA-FIC se evaluó la factibilidad técnica del azafrán mediante el proyecto “Diversificación de la oferta agrícola en la provincia del Tamarugal a través de la introducción del cultivo del azafrán (*Crocus sativus* L) en el desierto chileno”, luego de tres ciclos de cultivo, se estableció la adaptabilidad de esta especie a las condiciones edafoclimáticas y de agua de la pampa del Tamarugal, pudiéndose plantar en la época de otoño (abril-

mayo). Los resultados obtenidos en los ensayos FIA-FIC, entregan rendimientos de 11 kg de azafrán por hectárea para una densidad equivalente a 1.250.000 plantas. Lo más significativo son los indicadores de calidad, encontrándose valores para Safranal de 102% (aroma), Picrocrocina 102% (sabor) y Crocina 12% (color), por sobre la norma ISO 3632 (2011), lo que ubica el azafrán del desierto en la máxima categoría (I).

La Quinoa también ha mostrado capacidad de adaptarse a otros terrenos fuera del altiplano. Algunos proyectos individuales han logrado plantar semillas en la pampa, gracias a testear diferentes variedades de semillas para comprobar su factibilidad.

Otra alternativa es el aprovechamiento agroindustrial de la vaina de algarrobo para desarrollar productos con valor agregado a partir de los componentes de la vaina. Hoy en día, nuevamente cobra importancia su rol nutricional en países como Argentina, Brasil, Perú y España, entre otros, elaborando productos alimentarios- químicos y farmacéuticos a partir de la fragmentación de la vaina de algarrobo, obteniendo productos con valor agregado.

En Chile, la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Arturo Prat (UNAP) conjuntamente con la empresa Lomas Bayas, por 3 años investigó esta alternativa tecnológica. Desde siempre, los saberes populares de los agricultores le atribuyen propiedades medicinales al algarrobo, como hemostático, antidiarreico, antiséptico y como poderosos reconstituyentes. Hoy en día, existen medicamentos que poseen compuestos de algarrobo, además la semilla es utilizada en aumento de la secreción láctea y ocupada en productos alimenticios para lactantes con problemas de reflujo. Se han elaborado diversos productos en base a la harina de algarrobo como sucedáneos de café, sucedáneo de chocolates, elaborándose bombones, harinas para repostería.

El maíz constituye un alimento prioritario para garantizar la seguridad y soberanía alimentaria de muchos pueblos. Este cultivo forma parte de una cultura milenaria de los países latinoamericanos, y Chile no constituye una excepción. En la segunda región, en la localidad de Calama uno de los principales cultivos es el maíz ancestral, desde épocas remotas el agricultor ha seleccionado los tipos de maíz de acuerdo con las preferencias y necesidades alimentarias, sembrándose mayoritariamente el mismo tipo de maíz, denominado ancestral, el cual posee la capacidad de tolerar las

condiciones edafoclimáticas extremas de la zona, como el riego cada 30 días o riego con aguas con t concentraciones de boro o sales.

En la actualidad, en Calama el maíz se comercializa únicamente en estado fresco, fundamentalmente maíz blanco, quedando un número no despreciable de mazorcas de tamaño no comercial que a días de hoy se desechan. Considerando que hoy en día que el choclo baby está ganando en popularidad en el mundo, se transforman en una alternativa real para la comunidad agrícola de Calama.

También se ha estudiado la factibilidad del uso de choclos criollos en la elaboración de conservas baby, definiéndose el proceso de elaboración y el rango de tamaño de los choclos. Otorgándole valor agregado al choclo, se diversifica el producto y se reduce la estacionalidad y los bajos márgenes.

9. Problemas sanitarios

Las principales plagas que se presentan en la agricultura del desierto son las siguientes.

- **Bemisia tabaci**: Esta mosquita blanca ataca en especial a los cítricos.
- **Thrips, Frankliniella Occidentalis y Aphis Fabae**: Estas mosquitas atacan principalmente a las leguminosas, ornamentales y flores.
- **Brevicoryne brassicae**: Afecta a los crucíferas o brasicáceas.
- **Myzus persicae**: Actúan negativamente sobre el cultivo del ají, de la espinaca, del tomate, de las cucurbitáceas, de la zanahoria, de la lechuga, de las leguminosas, del maíz y de las flores.
- **Aphis gossypii**: Este tipo de mosquita ataca a cucurbitáceas, zanahorias, flores y ornamentales.
- **Macrosiphum euphorbiae**: Esta plaga afecta a los cultivos de las espinacas, lechugas y tomates.
- **Dysaphis foeniculus**: Suele ser muy común en los cultivos de zanahoria y apio. De la misma manera, también existen los canchitos blancos como el Planococcus citri y Pseudococcus longispinus.

- **Gusano del choclo *Helicoverpa Zea* (Boddie)**: Esta plaga corta y agujerea las hojas de los cultivos del maíz, del poroto, de la frutilla, del garbanzo, del repollo y del tomate.
- **Gusano cogollero o *Spodoptera frugiperda* (J-E. Smith)**: Afecta a la alfalfa, cebolla maíz, papa y tomate.
- ***Agrotis Ipsilon* (Hüfnagel)**: Este tipo de gusano afecta a la cebolla, a la coliflor, al espárrago, al poroto, al melón, a la papa, al pimentón y al zapallo.
- ***Plutella Xylosyella* (Linnaeus)**: Generalmente, suele afectar a las plantaciones de la coliflor y el repollo.
- **Polilla del tomate o *Tuta Absoluta* (Meyrick)**: Es una polilla minadora de todo tipo de hortalizas, especialmente al tomate.
- ***Liriomyza Huidobrensis***: Esta plaga ataca a cucurbitáceas, poroto, haba y solanáceas silvestres.
- **Arañitas rojas (*Tetranychus Urticae* y *Tetranychus Cinnabarinus*)**: Atacan a las raíces de plantas como el ajo, la papa, el tomate, el ají, el melón, el pepino, la sandía, el zapallo, el poroto, la zanahoria, el apio, el repollo, la berenjena, el rábano y la lechuga

Además de existir todas estas plagas, se añade el problema de la falta de manejos eficientes para controlarlas. Por este motivo, muchos problemas se agravan como parte de la falta de profesionalización del sector. Esto provoca una alta dependencia de agroquímicos, lo cual redundará en las dificultades de acceso a los mercados.

Otro fuerte problema sanitario es la adquisición de las certificaciones sanitarias. Para lograr estos requerimientos sanitarios las principales dificultades suelen ser la falta de formalización de los agricultores, el exceso de documentación y burocracia para la consecución de estas resoluciones y la falta en algunas zonas aisladas de alcantarillado.

10. Capitación y transferencia tecnológicas

En agronomía hay 2 titulaciones relacionadas: Ingeniero Agrónomo (Agronomía), que se trata de una carrera universitaria y Técnico Agrícola/Agrónomo, que se trata de formación técnica o profesional.

En la **Región de Tarapacá**, la **Universidad Arturo Prat es la única universidad que imparte el Grado de Agronomía**. Se trata de una carrera de 10 semestres que **se centra en la agricultura en Zonas Áridas-Desérticas**, a través de proyectos en agricultura del desierto y dando acceso a estudios en Magíster en Agricultura para Zonas Desérticas y Doctorado en Agricultura para Zonas Áridas-Desérticas.

Por su parte, la región cuenta con dos centros para la formación de técnicos agrónomos: El Liceo Padre Alberto Hurtado Cruchaga y el Liceo Técnico Profesional Colchane. Entre ambos liceos suman en torno a 30-40 alumnos al año.

A pesar de esto, hay otras instituciones que a pesar de no contar con esta formación en la región, si colaboran con proyectos relacionados con la agricultura en áreas de y transferencia tecnológica como INACAP, el CIDERH o la Universidad de Tarapacá, entre otros.

Por su parte, en la Región de Antofagasta ninguna universidad imparte el grado en agronomía, y solamente el Liceo Agropecuario Likan Antai imparte la capacitación para formar técnicos agrónomos. Además, este liceo ha tenido problemas por el bajo número de alumnos, aunque en los últimos años ha podido estabilizar este número en torno a los 10 alumnos anuales.

A pesar de esto, las universidades de la región, como la Universidad de Antofagasta y la Universidad Católica del Norte sí que participan en proyectos en el sector, a través de desarrollos ligados al riego, el uso eficiente del agua y la introducción de energías renovables. Además, cuenta con otros centros de transferencia tecnológica como el CBIA, el CEITSAZA o el CDA.

En ambas regiones queda reflejada la falta de técnicos formados, especialmente en la Región de Antofagasta.

Por otra parte, y a pesar de que en ambas regiones son muchas las entidades de apoyo a la tecnología y la transferencia tecnológica, en las entrevistas se ha visto reflejada como una de las principales brechas la falta de coordinación entre estas y entre estas y el tejido productivo. Esto se debe en gran medida a programas de transferencia tecnológica poco eficientes, que se basan en tecnologías poco adaptadas a la realidad local.

En muchas ocasiones, los proyectos tienen poco seguimiento y evaluación de los resultados. Esto impide comprobar los efectos en el largo plazo y poder replicar casos de buenas prácticas. En este aspecto el laboratorio del desierto tiene una oportunidad para poder coordinar estas acciones, reflejar y dar visibilidad a los proyectos realizados y replicar los casos de éxito.

11. Encadenamiento productivo y comercialización

Otra de las brechas identificadas a través de las entrevistas para ambas regiones, ha sido la escasa comercialización de productos básicos fuera del comercio local, así como la falta de productos elaborados a partir de la agricultura del desierto. La mayor parte de la producción se vende a través de intermediarios y terminales agropecuarios, lo cual dificulta el poder de negociación del agricultor.

En cuanto a la comercialización, las razones son varias. En primer lugar, como se ha citado en repetidas ocasiones a lo largo del documento, se trata mayoritariamente de agricultura de subsistencia, por lo que el objetivo de gran parte de la agricultura implantada es el autoconsumo o la venta a pequeña escala, sin valorar las opciones de aumento de producción u otros canales de comercialización.

En segundo lugar, hay que tener en cuenta que mucha de esta agricultura se encuentra en zonas rurales, muy dispersas y alejadas de los grandes núcleos urbanos. Esto encarece los costes del transporte, y más teniendo en cuenta que se trata de producción en pequeñas cantidades. Por este motivo, muchas de las ventas se realizan a intermediarios a costes bajos.

En tercer lugar, y como también se ha señalado, la falta de tecnificación, cualificación y el alto envejecimiento, son factores que juegan en contra de la capacidad de mejora, pues no se preocupan por elaborar productos que cumplan con los estándares requeridos.

Otro factor decisivo que dificulta en gran medida la comercialización a gran escala es la falta de cooperación de los agricultores, impidiendo escalar los esfuerzos.

Finalmente, hay que añadir que el encadenamiento productivo también se ve dificultado por la falta de seguridad alimentaria. Para poder establecer relaciones con los canales de venta (especialmente supermercados) es importante conseguir los requerimientos sanitarios, lo cual se hace difícil para la agricultura familiar campesina en zonas rurales aisladas.

En cuanto a la transformación de productos elaborados, son muy pocas las empresas que transforman productos para la venta (muchos agricultores no poseen certificaciones sanitarias). Destacan algunos casos de mermeladas, fruta deshidratada o miel, pero se trata de producciones más pequeñas. En las Comunidades Indígenas también poseen algunos productos elaborados de más arraigo tradicional, como los provenientes de la vaina del algarrobo (la Ckilapana y el Huarapo) o los elaborados del fruto del chañar (harinas y arropes).

A pesar de esta debilidad del encadenamiento productivo, hay algunos casos de éxito a través de la producción de vino, tanto a través del “Vino del Desierto”, como del “Vino Allyú”.

El “Vino del Desierto” es uno de los principales casos de buenas prácticas de la Macrozona Norte. Este proyecto, efectuado por la Universidad Arturo Prat, logró identificar en el año 2016 una nueva cepa vinífera cuyo análisis molecular no coincidía con ningún otra cepa a nivel internacional, estableciéndose como la cepa “Tamarugal”, la primera cepa vinífera chilena.

Gracias a la Estación Experimental Canchones, que pertenece a la propia Universidad Arturo Prat, en la actualidad hay 4 productores de este “Vino del Desierto”, lo cuales producen una serie de “vinos blancos secos y abocados, que un vino de color amarillo claro y que en boca deja aromas a piña, durazno, melón y un sabor dulce”⁷⁷.

En la actualidad se espera aumentar el número de agricultores que trabajen en la elaboración del vino del desierto, y se trabaja en buscar perfiles específicos que se adapten a lo esperado.

El otro ejemplo vitivinícola es el “Vino Allyú”. Este vino que se produce en Toconao, en la comuna de San Pedro de Atacama, a 2.400 metros de altura.

⁷⁷ <https://identidadyfuturo.cl/2019/09/23/vino-del-desierto-la-cepa-tamarugal/>

La producción de este vino cambió cuando en el año 2011 SQM, a través del programa Atacama Tierra Fértil, decidió modernizar la producción a través de la construcción de un centro de vinificación, tanques interprediales y la tecnificación del riego. Gracias a todo eso, los 20 agricultores que producen el “Vino de Allyú” multiplicaron tanto su producción (de 400 botellas en 2008 a unas 9.000 en 2019) como el valor de sus botellas, pasando de vender unas pocas botellas de vino en envases de plástico con poca duración y un valor de unos 5.000 pesos a vender 8.000-10.000 botellas en botellas de vidrio etiquetadas por unos 15.000 pesos directamente a hoteles, restaurantes, etc.

Otro de los aspectos importantes en comercialización de los productos son los sellos identificativos, entendiendo por estos las Denominaciones de Origen, las Indicaciones Geográficas Protegidas o los Sellos orgánicos, entre otros.

En este aspecto, destaca el caso del limón de Pica, que el año 2010 se convirtió en el primer producto chileno con Indicación Geográfica Protegida. Este producto se diferencia por su mayor volumen de jugo, su mayor peso y su alto contenido en aceites esenciales. Por este motivo, la demanda de este producto ha crecido de sobre manera. Sin embargo, la oferta no ha aumentado al mismo ritmo que la demanda, y es que hay poca colaboración entre los productores, dificultando la obtención de una fruta homogénea que facilite su comercialización y que pueda cumplir con los estándares requeridos por el mercado.

Para mejorar la rentabilidad de estos cultivos (además de lo comentado sobre tecnificación del riego, mallas y otros aspectos del propio cultivo), se están trabajando sobre otros aspectos como el aprovechamiento de los desechos o el packaging conjunto, lo cual permite obtener mayores rentabilidades por cosecha.

Otro de los casos de utilización de sellos identificativos es la Quinoa. La Asociación Juica Marca, de la comuna de Colchane está en proceso de adquisición de la certificación de producto orgánico, consiguiendo la distinción en la producción de este superalimento, que favorecerá la comercialización del mismo. Además, los productores están adquiriendo, gracias a programas de INDAP, nuevas maquinarias para el tratado y envasado de Quinoa. Todo ello les permitirá hacer frente al incremento de competitividad de los países vecinos como Perú y Bolivia.

12. Hibridación con otros sectores

Este apartado se relaciona estrechamente con el apartado anterior, y se ha denominado “hibridación con otros sectores”. Consiste en explicar la potencialidad de la agricultura para fomentar otros aspectos económicos como pueden ser el turismo y la gastronomía.

El modelo de turismo rural-agrícola, que se dirige hacia un turismo experiencial donde a partir de la vivencia propia se puede conocer la historia, la cultura y el trabajo de determinadas comunidades. Este modelo que cuenta con cientos de experiencias positivas de buenas prácticas en todo el mundo todavía está lejos de ser una realidad articulada en el norte de Chile, a pesar de haber muchas pequeñas iniciativas que ya han comenzado a gestarse. La Macrozona Norte cuenta con potencial para desarrollar este turismo gracias a:

- Espacios Naturales
- Flora y fauna
- Museos y Manifestaciones culturales
- Folklore popular
- Manejos agrícolas ancestrales
- Arte tradicional
- Sistemas Importantes de Patrimonio Agrícola Nacional (Red SIPAN)

Y si hablamos del turismo, es importante citar el caso de San Pedro de Atacama, pues es un centro de mucha atracción en el sector que ha generado mucho empleo y ha revitalizado las zonas agrarias limítrofes.

Sin embargo, en el desarrollo de este turismo rural la falta de profesionalidad del sector es un gran impedimento. Durante mucho tiempo los agricultores están lejos de sus predios, y esto hace que muchas rutas turísticas se encuentren cerradas las puertas de estos lugares.

Otra de las áreas con potencial económico pasa por ligar la agricultura regional con la gastronomía. Esto es importante para dar visibilidad a los

productos de la región y crear una experiencia más auténtica para los turistas. Ya ha habido algunas iniciativas en esa dirección, como la incorporación de al menos un plato en todos los menús que contenga ingredientes locales.

Finalmente, hay otros sectores que pueden mejorar los ingresos de los agricultores, como el sector farmacéutico y el sector cosmético, a través de los principios activos que pueden sacar de los productos, incluyendo los desechos de los alimentos. Hay varios proyectos que se han identificado en las entrevistas trabajando en esta dirección.

2.3/ Análisis FODA

A partir del análisis previo, a continuación se realiza en análisis FODA para la agricultura del Desierto. Para la realización de este análisis, las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas identificadas se agruparán como se explica a continuación:

- **Condiciones del Entorno (infraestructuras y tendencias)**
- **Condiciones Productivas (Producción y manejo agrícola)**
- **Condiciones Tecnológicas (Apoyo productivo e I+D+i)**

| ANÁLISIS FODA | | | | |
|--------------------------|-----|--|-------------|----------------|
| Fortalezas | | | R. Tarapacá | R. Antofagasta |
| Condiciones del Entorno | F1 | Gran cantidad de radiación solar, utilizable para la generación de energía y altos rendimientos agrícolas | X | X |
| | F2 | Características climáticas y geográficas que permiten la experimentación (altura, terreno, distancia del mar, etc.) | X | X |
| | F3 | Capacidad de producción contra estación con respecto al sur del país | X | X |
| | F4 | Disposición de energía inagotable proveniente de generación solar, y mejora exponencial de la tecnología relacionada | X | X |
| | F5 | Cuenta con alto turismo en las zonas de interior (San Pedro de Atacama) | | X |
| Condiciones Productivas | F6 | Características organolépticas y nutritivas únicas de la hortofruticultura producida | X | X |
| | F7 | Productos únicos, enfocados para un mercado gourmet de alto valor | X | X |
| | F8 | Alta producción orgánica | X | X |
| | F9 | Tradiciones ancestrales, únicas en el mundo y que despiertan un alto interés | X | X |
| Condiciones Tecnológicas | F10 | Entidades con financiamiento para el desarrollo agrícola | X | X |
| | F11 | Aumento de la disponibilidad de agua gracias a la desalinización | | X |
| | F12 | Alta dotación de aguas servidas (146,3 millones de m ³ /año en la macrozona norte (4.639,14 l/s), que equivale al 11,57% del total nacional. | X | X |
| | F13 | Centros con alto potencial investigador (Universidades, Estación Experimental de Canchones, CBIA, CIDERH o CEITSAZA, entre otros) | X | X |
| Oportunidades | | | R. Tarapacá | R. Antofagasta |
| Condiciones del Entorno | O1 | Concienciación general de la importancia del aumento de la producción agrícola interna en las regiones, ante situaciones como las vividas en el último año (2019-2020) | X | X |
| | O2 | El aumento internacional del turismo de experiencia y gastronómico, también en la macrozona norte de Chile, lo cual puede ser catalizador para el desarrollo agrícola | X | X |
| | O3 | Desarrollo mundial de tecnologías para mejorar la agricultura | X | X |
| | O4 | El Cambio climático genera condiciones de desierto y aridez en gran parte del territorio nacional y mundial | X | X |

| | | | | |
|--------------------------|-----|---|--------------------|-----------------------|
| Condiciones Productivas | O5 | Sinergias con sectores como el turismo o la gastronomía | X | X |
| | O6 | Existencia de mercados interesados en los productos de la región | X | X |
| | O7 | Capacidad de incorporar nuevas especies en las regiones analizadas | X | X |
| | O8 | Los nuevos avances permiten general una gran diversidad de alimentos a través de distintas formas de cultivo. | X | X |
| Condiciones Tecnológicas | O9 | Capacidad de exportar tecnología y manejo sobre agricultura del desierto a zonas en proceso de desertificación como consecuencia del cambio climático | X | X |
| | O10 | La tecnología ligada a la agricultura en zonas áridas ha aumentado exponencialmente | X | X |
| | O11 | Mejora de tecnologías que permiten aumentar las fuentes de disposición de agua para el uso agrícola, así como la calidad de esta. | X | X |
| Debilidades | | | R. Tarapacá | R. Antofagasta |
| Condiciones del Entorno | D1 | Problemas con los derechos de agua y suelo | X | X |
| | D2 | Falta de cooperación y confianza entre los actores del sistema | X | X |
| | D3 | Falta de continuidad y seguimiento de los proyectos públicos | X | X |
| | D4 | Problemas para la adquisición de las resoluciones sanitarias | X | X |
| | D5 | Falta de relevo generacional | X | X |
| | D6 | Falta de atractivo del sector frente a otros como la minería | X | X |
| | D7 | Muchas fugas en el transporte de agua | X | X |
| | D8 | Suelos pobres y degradados | X | X |
| | D9 | Dificultades para disponer de suelos fiscales potencialmente agrícolas en la provincia del Tamarugal debido a la burocracia estatal | X | |
| | D10 | Aislamiento de algunas de las localidades rurales con agricultura | X | X |
| | D11 | Falta de turismo en las comunidades de interior, que no permite crear sinergias con el tejido productivo agrícola | X | |
| Condiciones Productivas | D12 | Alta informalidad en el sector, con mucha agricultura familiar de subsistencia | X | X |
| | D13 | Alta contaminación del agua, que provoca disminución de rendimientos | X | X |
| | D14 | Ausencia de productos elaborados en la región | X | X |
| | D15 | Falta de manuales para la adaptación de las especies al desierto | X | X |
| | D16 | Falta de diversificación de los cultivos | X | X |
| | D17 | Falta de coordinación en la cadena de valor, principalmente por el pequeño tamaño de los agricultores y la falta de resoluciones sanitarias | X | X |
| | D18 | Exceso de intermediarios, que se llevan un alto porcentaje de los márgenes | X | X |
| | D19 | Falta de conocimiento de gestión de negocios y mercado | X | X |

| | | | | |
|--------------------------|-----|--|--------------------|-----------------------|
| Condiciones Tecnológicas | D20 | Técnicas de riego sin modernizar y mucha agricultura tradicional/ancestral, principalmente en las comunidades del interior | X | X |
| | D21 | Falta de coordinación entre las instituciones que generan tecnología con las que proveen asistencia técnica | X | X |
| | D22 | Dificultades para la convivencia de la agricultura tradicional con una agricultura tecnológica y eficiente que provoque mayores rendimientos | X | X |
| Amenazas | | | R. Tarapacá | R. Antofagasta |
| Condiciones del Entorno | A1 | Falta de relevo generacional | X | X |
| | A2 | Cambios en la climatología que afectan a los manejos productivos | X | X |
| | A3 | Prolongada situación adversa (Crisis social y Pandemia) para el sector, que provoca un alto grado de incertidumbre en el futuro | X | X |
| | A4 | Disminución del agua disponible en las comunidades del interior | X | X |
| | A5 | Falta de formación de ingenieros y técnicos agropecuarios | | X |
| Condiciones Productivas | A6 | Creciente aumento de la competencia de los países cercanos (Perú, Bolivia, etc.) | X | X |
| | A7 | Disminución de mano de obra calificadas por ofertas más atractivas de otras actividades económicas | X | X |
| Condiciones Tecnológicas | A8 | Falta de inversión en I+D+I vinculado al sector | X | X |

I.3/ CARACTERIZACIÓN DE ACTORES Y ACTIVOS DE LA AGRICULTURA DEL DESIERTO

3.1/ Mapa de actores sectoriales relevantes

En este epígrafe, se realiza una primera aproximación a los actores sectoriales que forman el rubro silvoagropecuario en las regiones de Tarapacá y Antofagasta. Esta información ha de ser contrastada en los talleres y en las entrevistas de la segunda fase, de tal forma que se logre un mapeo más completo de y así establecer grupos de trabajo y coordinar todas las acciones relacionadas con el laboratorio del desierto.

Tabla 16: Mapa de actores sectoriales

| Área de Análisis | | | |
|--|--|---|---|
| Enfoque transversal | | | |
| Inst. y Entidades públicas | Ag. Generador Conoc. Y Tec. | Empresa/Emprendedor | Asoc. Agricultores |
| <ul style="list-style-type: none"> Seremi de Agricultura FIA INDAP CORFO CONAF GOREs | <ul style="list-style-type: none"> Universidad Arturo Prat Universidad de Tarapacá Universidad de Antofagasta Universidad Católica del Norte Fundación Fraunhofer INIA | <ul style="list-style-type: none"> SQM S.A Minera Centinela Zofri Teck-Quebrada Blanca Norte Verde | <ul style="list-style-type: none"> Agricultores Hidropónicos Altos la Portada Agrícola Altos de Pica Ltda |
| Recurso hídrico y riego | | | |
| Inst. y Entidades públicas | Ag. Generador Conoc. Y Tec. | Empresa/Emprendedor | Asoc. Agricultores |
| <ul style="list-style-type: none"> CNR Municipalidades | <ul style="list-style-type: none"> CIDERH CEITSAZA | <ul style="list-style-type: none"> Aguas Antofagasta Hidroponía Chile Aguas del Altiplano | |
| Electricidad y Energía | | | |
| Inst. y Entidades públicas | Ag. Generador Conoc. Y Tec. | Empresa/Emprendedor | Asoc. Agricultores |
| <ul style="list-style-type: none"> Seremi de Energía Municipalidades | <ul style="list-style-type: none"> INACAP Estación experimental Alto Patache | <ul style="list-style-type: none"> CGE Empresas generadoras de energía renovables | |

| Área de Análisis | | | |
|---|--|---|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> Center for Solar Energy Technologies (CSET) Plataforma Solar del Desierto de Atacama (PSDA) | | |
| Requerimientos sanitarios | | | |
| Inst. y Entidades públicas | Ag. Generador Conoc. Y Tec. | Empresa/Emprendedor | Asoc. Agricultores |
| <ul style="list-style-type: none"> SAG Seremi de Salud Conadi Municipalidades | | | |
| Productividad y manejos agrícolas | | | |
| Inst. y Entidades públicas | Ag. Generador Conoc. Y Tec. | Empresa/Emprendedor | Asoc. Agricultores |
| <ul style="list-style-type: none"> Seremi BBNN | | <ul style="list-style-type: none"> Agrícola Altos de Pica Ltda | <ul style="list-style-type: none"> Asociación indígena aymara Suma Juira Agricultores Hidropónicos Altos la Portada |
| Trabajo con agricultores, asociaciones y cooperativas | | | |
| Inst. y Entidades públicas | Ag. Generador Conoc. Y Tec. | Empresa/Emprendedor | Asoc. Agricultores |
| <ul style="list-style-type: none"> Conadi CONAF FAO-SIPAN Municipalidades Sercotec Seremi Economía Seremi Trabajo ODEPA | Universidad Arturo Prat Universidad de Tarapacá | <ul style="list-style-type: none"> Agrícola Altos de Pica Ltda Apícola Camila Paz Juantok Varela EIRL Norte Verde Alimentación Natural Chile Limitada. Agrícola Hidrohuerto Limitada Agrícola Pampa Concordia AGROINDUSTRIA (APICOLA) AGROINDUSTRIA (hierbas) AGROINDUSTRIA (ARROPE) Viña santa Romina Asociación Aymara Pukara Asociación de agricultores de Calama (ASAC) | <ul style="list-style-type: none"> Asociación indígena aymara Suma Juira Asociación de propietarios agrícolas del rol de regantes de las vertientes de Chintaguay Asociación de productores quinuamarugalcoop Cooperativa de Agricultores Hidropónicos Altos la Portada Juira Marka Asociación Gremial de Agricultura Altos La Portada Prodesal TALTAL Cooperativa COAGRICAM Cooperativa agrícola Quinuacoop Asocacion indígena Aymara Flor del desierto Asociación Aymara Pukara Asociación de agricultores de Calama (ASAC) Consejo de Pueblos Atacameños Cooperativa agrícola Don Eliseo |

| Área de Análisis | | | |
|--|---|--|---|
| Comercialización y encadenamiento productivo | | | |
| Inst. y Entidades públicas | Ag. Generador Conoc. Y Tec. | Empresa/Emprendedor | Asoc. Agricultores |
| <ul style="list-style-type: none"> • CORFO • SAG • Corporación de Desarrollo de Tarapacá • INAPI | <ul style="list-style-type: none"> • Universidad Arturo Prat • Centro de negocios del Tamarugal | <ul style="list-style-type: none"> • Supermercados Jumbo • Zofri • Asoc. Industriales Iquique • Apícola Camila Paz Juantok Varela EIRL • Norte Verde • Alimentación Natural Chile Limitada. • Agrícola Hidrohuerto Limitada • Agrícola Pampa Concordia • AGROINDUSTRIA (APICOLA) • AGROINDUSTRIA (hierbas) • AGROINDUSTRIA (ARROPE) • Viña santa Romina • Asociación Aymara Pukara • Asociación de agricultores de Calama (ASAC) | <ul style="list-style-type: none"> • Asociación indígena aymara Suma Juira • Asociación de propietarios agrícolas del rol de regantes de las vertientes de Chintaguay • Asociación de productores quinatamarugalcoop • Cooperativa de Agricultores Hidropónicos Altos la Portada • Juira Marka • Asociación Gremial de Agricultura Altos La Portada • Prodesal TALTAL • Cooperativa COAGRICAM • Cooperativa agrícola Quinuacoop • Asocacion indígena Aymara Flor del desierto • Cooperativa Agrícola Don Eliseo • Asociación Aymara Pukara • Asociación de agricultores de Calama (ASAC) |
| Investigación | | | |
| Inst. y Entidades públicas | Ag. Generador Conoc. Y Tec. | Empresa/Emprendedor | Asoc. Agricultores |
| <ul style="list-style-type: none"> • ANID | <ul style="list-style-type: none"> • Estación Canchones • Centro de bioinnovación (CBIA) | | |
| Capital Humano | | | |
| Inst. y Entidades públicas | Ag. Generador Conoc. Y Tec. | Empresa/Emprendedor | Asoc. Agricultores |
| <ul style="list-style-type: none"> • Conadi • SENCE | <ul style="list-style-type: none"> • Fundación Rondó • Liceo Padre Alberto Hurtado Cruchaga • Liceo Agropecuario Likán Antai • Centro de Investigación y Modelación de Negocios Universidad Santo Tomás | | |
| Turismo Rural | | | |
| Inst. y Entidades públicas | Ag. Generador Conoc. Y Tec. | Empresa/Emprendedor | Asoc. Agricultores |
| | | | |

| Área de Análisis | | | |
|--|--|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • FAO-SIPAN • Municipalidades • SERNATUR | <ul style="list-style-type: none"> • Universidad Arturo Prat • Inacap • Universidad Santo Tomás | <ul style="list-style-type: none"> • Cooperativa de turismo Altus • Asociación gastronómica de Tarapacá (AGATA) | |

Fuente: Elaboración propia

3.2/ Mapa de activos sectoriales relevantes

De igual forma, se realiza un análisis de los activos sectoriales de ambas regiones:

Tabla 17: Mapa de activos sectoriales

| Activos | Región | Comuna | Definición |
|---|-------------|-------------|--|
| Centro de bioinnovación (CBIA) | Antofagasta | Antofagasta | El Centro de Bioinnovación, dependiente de la Facultad de Ciencias del Mar y de Recursos Biológicos de la Universidad de Antofagasta, es un ente de análisis y estudios, que tiene como finalidad llevar la investigación básica a la aplicación. El CBIA está compuesto por unidades de análisis e investigación que por medio de proyectos, estudian desde el trabajo en hábitats del interior de la región, como las lagunas altiplánicas, hasta las redes tróficas costeras, extrayendo microorganismos que pueden ser de alto valor para desarrollar emprendimientos en la industria biotecnológica, entre otras. |
| Centro de investigación tecnológica del agua en el desierto (CEITSAZA) | Antofagasta | Antofagasta | El Centro de Investigación Tecnológica del Agua en el Desierto, CEITSAZA, es un centro dedicado a la investigación y desarrollo tecnológico para la gestión sustentable y eficiente del recurso hídrico, principalmente en zonas áridas. Se creó por iniciativa de la Universidad Católica del Norte y con el apoyo del Centro de Investigación Minera y Metalúrgica de Chile. |
| Centro Integral para la Agricultura del Desierto (CIADES) | Tarapacá | - | Se trata de un proyecto para la construcción de un Centro Integral para la Agricultura del Desierto en Tarapacá. Este Centro pretende el desarrollo de proyectos para la construcción de un Centro Tecnológico de Micropropagación e Invernaderos productivos. |
| Planta de tratamiento de aguas servidas de Calama | Antofagasta | Calama | Planta para el tratamiento y disposición final de las aguas servidas |
| Plantas Desalinizadoras de agua | Antofagasta | - | Antofagasta cuenta en la actualidad con 16 plantas desalinizadoras de agua, de las cuales 4 son plantas operadoras de agua potable y las otras 12 pertenecen al sector minero. Hay otras 6 en proceso de construcción. |
| PROLOA – corporación de desarrollo provincia del LOA | Antofagasta | Calama | Corporación de empresas sin fines de lucro para el desarrollo social y el crecimiento sustentable de la Región de Antofagasta. Trabaja en aspectos como educación y cultura, capacitación y asesoría técnica, medioambiente y desarrollo comunitario y productivo |

Informe Final - Servicios para la realización de la Consultoría para 110
 elaboración de la Hoja de Ruta para “Plan de desarrollo de laboratorio
 para agricultura del desierto Macrozona Norte”

| Activos | Región | Comuna | Definición |
|--|------------------|--------------|---|
| Estación Experimental de Canchones Facultad de Recursos Naturales Renovables (FRNR)- UNAP | Tarapacá | Pozo Almonte | La Estación Experimental de Canchones es un centro de investigación perteneciente a la Universidad Arturo Pratt. Sus investigaciones van relacionadas con el rubro silvoagropecuario. Entre sus proyectos destaca el Vino del Desierto, estudio que ha dado vida a la primera cepa chilena, denominada Tamarugal. Azafrán del Desierto. Producción de quesos de cabras, espárragos, melones galias, etc. Estos estudios ha sido desarrollados por investigadores del área de Agricultura del Desierto de la FRNR. |
| Centro del Desierto de Atacama (CDA) | Antofagasta | Antofagasta | El CDA fue creado en el año 2006 por la Pontificia Universidad Católica de Chile. Su objetivo se centra en realizar investigación en ciencia y tecnología para el conocimiento y desarrollo integral de las zonas áridas y semiáridas del norte de Chile, en temas como el manejo sustentable de recursos naturales como recursos hídricos, energía solar, arquitectura sustentable, biodiversidad, desertificación y agricultura, paleoclimatología, entre otros. |
| Estación experimental Alto Patache | Tarapacá | Iquique | Estación de Investigación de la UC perteneciente al Centro del Desierto de Atacama (CDA). |
| Center for Solar Energy Technologies (CSET) | Santiago | Santiago | El Centro de Excelencia Internacional en Tecnologías para Energía Solar (CSET) es uno de los Centros de Excelencia de Investigación Internacional de Chile. Se basa en el modelo de innovación de Fraunhofer Alemania que busca desarrollar ciencia y tecnología aplicada para resolver las necesidades de la industria. FCR-CSET cuenta con el apoyo de la Universidad Católica y del Instituto Fraunhofer para Sistemas de Energía Solar ISE (Fraunhofer ISE) de Alemania. |
| Centro Desarrollo Energético Antofagasta (CDEA) | Antofagasta | Antofagasta | El Centro de Desarrollo Energético Antofagasta (CDEA), pertenece a la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antofagasta. Fue creado para impulsar la innovación, desarrollo e investigación aplicada, en temas relacionados con las necesidades energéticas. |
| Centro de Investigación y Modelación de Negocios Universidad Santo Tomás (CIMON) | - | - | El objetivo de CIMON es el desarrollo de conocimientos el estudio de la empresa y la gestión de proyectos empresariales. Realiza investigación aplicada sobre la toma de decisiones en el ámbito de las empresas y el territorio que estas se encuentran inmersas. El centro ha apoyado a emprendedores de Tarapacá y Antofagasta. |
| Liceo Padre Alberto Hurtado Cruchaga | Tarapacá | Pica | Liceo con formación técnica para agricultores. |
| Liceo Técnico Profesional Colchane | Tarapacá | Colchane | Liceo con formación técnica para agricultores. |
| Liceo Agropecuario Likan Antai | Antofagasta | Antofagasta | Liceo con formación técnica para agricultores, único en la región de Antofagasta. |
| Liceo de CODPA | Arica-Parinacota | Codpa | Liceo con formación técnica para agricultores |
| Simón de Cirene Corporación | Antofagasta | - | Corporación con 24 años de experiencia en el llamado tercer sector. Desarrollan programas de emprendimiento y gestión social. |

| Activos | Región | Comuna | Definición |
|----------------------|-------------|----------------------|---|
| Oasis de Pica | Tarapacá | Pica | Se trata de un oasis en la pampa del Tamarugal que posee unas características únicas. Gracias a ello se ha desarrollado la industria cítrica, a través de productos reconocibles como el mango de Pica, el Tángelo o el Limón de Pica, que fue el primer producto chileno en obtener una Indicación Geográfica Protegida. |
| San Pedro de Atacama | Antofagasta | San Pedro de Atacama | San Pedro de Atacama es un punto neurálgico del turismo en la macrozona norte del país, y por lo tanto una zona con enorme potencial para el desarrollo del turismo rural. |

Fuente: Elaboración propia

II. HOJA DE RUTA PARA EL LABORATORIO NATURAL PARA LA AGRICULTURA EN EL DESIERTO DE LA MACROZONA NORTE

II.1/ LA IMPORTANCIA DE LA HOJA DE RUTA PARA EL LABORATORIO AGRÍCOLA

En el caso de la Macrozona Norte de Chile, es una buena oportunidad, bajo la lógica de laboratorio natural, revisar la inversión realizada en la agricultura y construir una **Hoja de Ruta para una agricultura adaptada a los fenómenos extremos**.

Todos estos **avances son fundamentales para dar respuesta a los cambios que vive el mundo**. Y es que, según datos de FAO, hacia el año 2050, habrá en el mundo, al menos, 10.000 millones de habitantes, lo que aumentará la demanda de alimentos un 60% (más allá del problema de la distribución), en esto la agricultura es la principal fuente de abastecimiento. El desafío es producir más, con menos tierras agrícolas, con menos agua y agua de peor calidad, en el contexto además del cambio climático.

El cambio climático, con el consiguiente aumento de las temperaturas, los cambios en las precipitaciones y la reducción de los glaciares, conduce a que la exploración de nuevas tecnologías vinculadas al recurso hídrico cobre cada vez más importancia, convirtiéndose en una necesidad imperante, tanto para garantizar la habitabilidad y la calidad de vida como para garantizar la agricultura.

Frente a estos retos, la **Hoja de Ruta es una herramienta que permitirá establecer la secuencia de etapas para superarlos y alcanzar la visión 2030 y los objetivos estratégicos** establecidos, especificando las líneas de actuación y los plazos y recursos necesarios.

Así, la Hoja de Ruta parte de conocer la posición real de la agricultura del desierto en la Macrozona Norte y pretende establecer a dónde se desea llegar, trazando las líneas estratégicas que permitan alcanzar dicha visión, aprovechando las oportunidades que presenta un laboratorio natural.

II.2/ METODOLOGÍA PARA LA HOJA DE RUTA

Una buena metodología es clave para obtener una Hoja de Ruta rigurosa que permita organizar el desarrollo de acciones de tal forma que se permita alcanzar los objetivos establecidos. Para ello, INFYDE ha desarrollado este proceso en tres etapas de la siguiente forma:

Fase de establecimiento del punto de partida y los objetivos

El primer punto clave para cualquier Hoja de Ruta es conocer el punto de partida y el destino que se pretende alcanzar. Esta fase concuerda con la fase 1 del proyecto, que culminó con el Informe de Avance N°.2.

En dicho informe se realizó en primer lugar un análisis de prospectiva internacional y nacional, seguido por el diagnóstico de la agricultura del desierto en la Macrozona Norte. Con ello se establece la situación actual de la agricultura en zonas áridas de todo el mundo, así como el nivel de avance de las Regiones de Tarapacá y Antofagasta, el cual se representa a través del análisis FODA y el mapa de actores y activos regionales. Esta fase se ha desarrollado a través del trabajo de *back-office*, es decir, el análisis de fuentes bibliográficas, combinado con el trabajo de campo, que ha consistido en 65 entrevistas a actores relevantes a nivel regional (agricultores, empresarios, emprendedores, asociaciones, cooperativas, instituciones y entidades públicas, universidades y otros agentes generadores de conocimientos y tecnologías). Todo ello se ha contrastado mediante el taller de paisaje estratégico, celebrado el 17 de agosto de 2020.

En este mismo informe, se han elaborado las bases para el debate sobre la visión, misión y objetivos que deber perseguir el Laboratorio Natural para la Agricultura en el Desierto de la Macrozona Norte y, por lo tanto, la agricultura de las regiones de Tarapacá y Antofagasta. De la misma, forma, estas bases han sido debatidas tanto en las 65 entrevistas con los actores (representantes de Instituciones y Entidades públicas, asociaciones generadoras de conocimiento y tecnología, empresas y emprendedores y asociaciones de agricultores), como en el taller de selectividad y priorización celebrado el viernes 28 de agosto de 2020.

Fase de diseño de la Hoja de Ruta

Se trata de la fase actual, coincidente con la fase 3 del Plan de Trabajo. La Hoja de Ruta debe partir de la situación actual de la agricultura del Desierto de la Macrozona Norte (identificado en la fase previa) y establecer los focos estratégicos para que, mediante las líneas de acción ordenadas temporalmente en el corto (1 a 2 años), mediano (3 a 5 años) y largo plazo (más de 6 años), se pueda alcanzar la visión y objetivos establecidos.

Además, la Hoja de Ruta debe establecer algunos aspectos importantes para el desarrollo de estas iniciativas, como la gobernanza y el plan de seguimiento y evaluación.

Esta fase se desarrolló a partir de toda la información recopilada anteriormente, a lo que se sumó la realización de 10 entrevistas personales a algunos de los actores más relevantes en la configuración del Laboratorio Natural para la Agricultura en el Desierto, además de un taller de consenso y validación que se celebró el miércoles 23 de septiembre del año 2020.

Fase de desarrollo y seguimiento de la Hoja de Ruta

Se trata de la fase posterior a la elaboración de la Hoja de Ruta, y consiste en la puesta en marcha del Laboratorio Natural para la Agricultura en el Desierto.

Este aspecto dependerá de la gobernanza del laboratorio, y será fundamental su continuidad en el tiempo, así como el cumplimiento del plan de seguimiento y evaluación, de tal forma que los proyectos desarrollados estén encaminados al cumplimiento de la visión y se adapten las iniciativas, en caso de que fuere necesario.

II.3/ ESTRUCTURA DE LA HOJA DE RUTA

La Hoja de Ruta pretende ser el mapa estratégico que conforme y guíe las actuaciones relacionadas con el Plan de desarrollo del Laboratorio Natural para la agricultura en el desierto de la Macrozona Norte de Chile. De esta forma el laboratorio podrá cumplir con los objetivos establecidos y lograr la visión estratégica a futuro del sector.

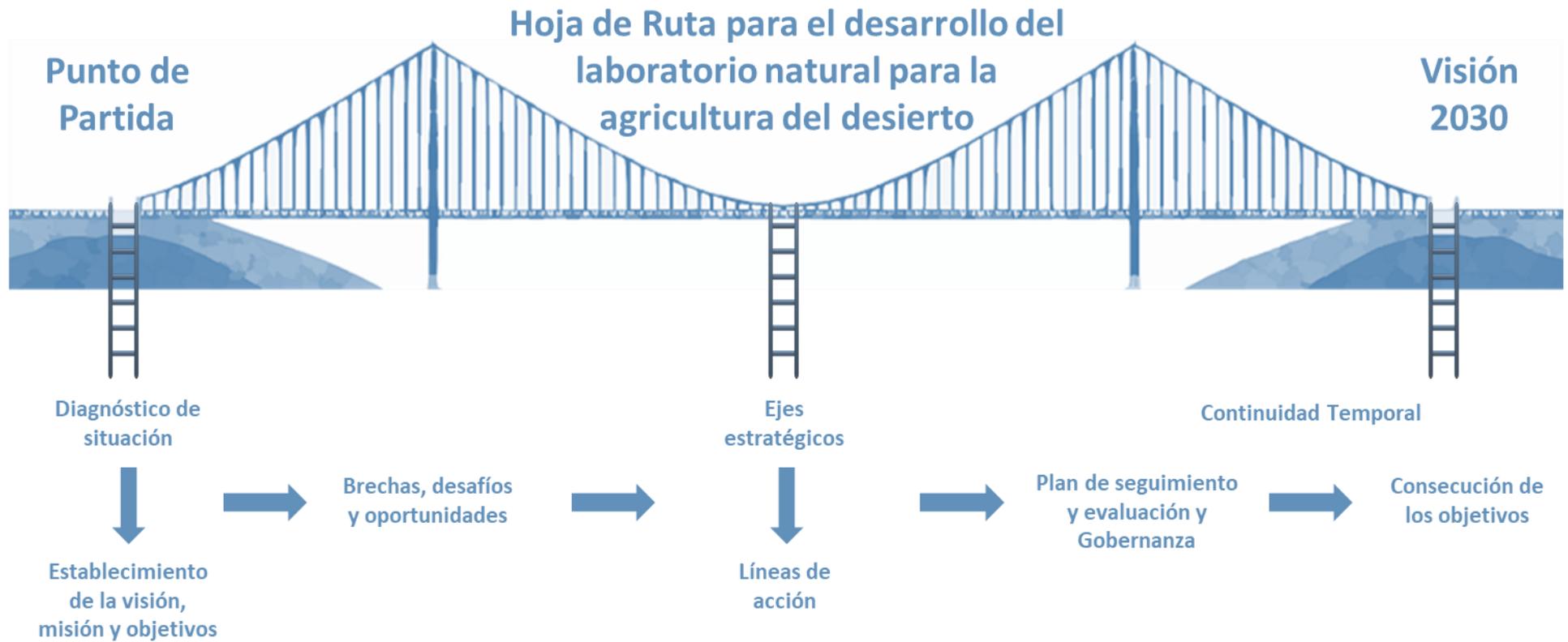
Para que la Hoja de Ruta sea eficiente en su aplicación, esta tiene que adecuarse a la realidad regional de la Macrozona Norte de Chile. Por este motivo, el primer paso de la confección de la Hoja de Ruta es el diagnóstico de situación.

El diagnóstico de situación se presentó en el Informe de Avance N°.2. En este informe se ha realizado, además del diagnóstico de la agricultura del desierto en las Regiones de Tarapacá y Antofagasta, un análisis de prospectiva internacional y nacional, con el objetivo de conocer el nivel de avance de la agricultura en zonas áridas de todo el mundo.

A partir de este análisis, y de la interacción con los actores del rubro, se estableció un primer borrador de la visión compartida, la misión, los valores y los objetivos del laboratorio natural para la agricultura en el desierto de la Macrozona Norte. Esta visión, misión, valores y objetivos fueron contrastados a través del taller y las distintas entrevistas, hasta alcanzar un consenso definitivo.

Con esto, se dispone ya del punto de partida y el horizonte al que se pretende llegar. Con la presente Hoja de Ruta se construye la estrategia “puente” para unir ambos elementos. Este puente constará de la identificación de las brechas, desafíos y oportunidades, así como la identificación de los focos estratégicos a partir de los cuales se desarrollarán las actuaciones e iniciativas.

Para que el laboratorio tenga continuidad en el tiempo y pueda avanzar con los desafíos propuestos, en la presente Hoja de Ruta también se define la gobernanza y el plan de seguimiento y evaluación.



II.4/ OBJETIVOS ESTRATÉGICOS, VISIÓN, MISIÓN Y VALORES

La Visión pretende a dar respuesta a la pregunta: *¿Dónde se ve el sector en el futuro?* La visión presenta la posición a la que la agricultura del desierto en la Macrozona Norte de Chile pretende llegar en los próximos años.

VISIÓN

“Desarrollar la agricultura del desierto en la Macrozona Norte, mejorando la calidad de vida de los agricultores y habitantes, aumentando la producción y desarrollando tecnologías y conocimientos para hacer frente a los retos y desafíos locales y mundiales, convirtiéndose en una zona de referencia para la agricultura en zonas áridas a nivel nacional e internacional”

Esta visión surge a partir de los 3 objetivos estratégicos que se han establecido como ejes vertebradores del laboratorio para la agricultura del desierto. Estos objetivos son los siguientes:



- **Mejorar la calidad de vida y las condiciones de los agricultores y habitantes, presentes y futuros, de la región:** Este es un punto básico para el desarrollo agrícola en el desierto, y hay que tener en cuenta toda la idiosincrasia de las comunidades que habitan en estas regiones, además de las brechas que se han detectado para la evolución de la propia agricultura. Principalmente podemos definir dos grupos, aunque luego hay numerosas excepciones. Por una parte, están los agricultores adultos mayores de las comunidades del interior, normalmente pertenecientes a comunidades indígenas, con escasa capacitación y adaptación tecnológica, pero con

conocimientos únicos sobre la agricultura ancestral que se practica en sus localidades. Esto, por lo tanto, hay que valorarlo no solamente desde el punto de vista productivo, sino también poniendo en valor el aspecto cultural de estas tradiciones.

Para este primer grupo las acciones pueden ir más encaminadas a la mejora de infraestructuras, a la puesta en valor de la parte cultura a través de la producción de alimentos gourmet y la creación de sinergias con otros sectores y a lograr el relevo generacional, entre otras. En este aspecto es importante alinearse con la “Política Nacional de Desarrollo Rural”, recién promulgada, para mejorar la eficiencia de los programas.

Por otra parte, están los agricultores con mayor adopción tecnológica y más capacidad de adquirir conocimientos, manejos y tecnologías ligados a aumentar la productividad, además de contar con mejores infraestructuras. Para este grupo las iniciativas pueden ir más encaminadas a la incorporación de tecnologías de uso eficiente de agua, adopción de energías limpias, transformación de producto, comercialización y mercadeo o innovaciones en el manejo, entre otras. Aunque de nuevo es importante remarcar que hay que estudiar individualmente los casos para poder establecer las acciones específicas en cada lugar.

Además, la mejora de la agricultura en estas regiones repercutiría directamente en la mejora de la calidad de vida de todos los habitantes, al disponer de mayor disponibilidad de alimento, mejor frecuencia, más calidad, productos más sostenibles y de cercanía, enfocarse en nichos gourmet, precios más justos, etc. Esto, a su vez, puede convertirse en una oportunidad migratoria para profesionales que se quieran dedicarse al emprendimiento y/o I+D+i en zonas áridas.

- **Aumentar la producción agrícola en las regiones de la Macrozona Norte:** algunos de los principales objetivos de la agricultura en la Macrozona Norte deben ser el de aumentar la producción agrícola que permita cubrir un alto porcentaje del autoconsumo y que permita exportar productos exclusivos de estas regiones, a través del aumento del rendimiento de las superficies actuales y el aumento de superficie a través de nuevas técnicas de cultivo de precisión y ambiente controlado. Este factor ha cobrado mayor relevancia a ojos públicos antes las situaciones sufridas en el país durante el último año, como son el estallido social y la

pandemia. Elevar la producción, mejorar la calidad, aumentar la frecuencia y la diversificación y producir localmente se ha convertido en algo estratégico. Además, los productos de proximidad, también denominados km 0, son un aspecto social para la sostenibilidad, ya que reducen enormemente la contaminación y los costes derivados del transporte, además que favorecen la economía local y la biodiversidad.

- **Desarrollar y adaptar tecnologías, innovaciones y conocimientos vinculados agricultura en zonas áridas e hiperáridas:** finalmente, el tercer objetivo debe estar ligado a todos los aspectos relacionados con el desarrollo, adaptación y exportación de tecnologías, innovaciones y conocimientos vinculados agricultura en zonas áridas e hiperáridas. Con el cambio climático cada vez son más las zonas en todo el mundo que sufren de procesos de desertificación y escasez hídrica, y estas tecnologías y conocimiento serán clave para poder hacer un uso eficiente de los recursos y mantener unos niveles productivos que puedan abastecer al creciente aumento de la población mundial.

MISIÓN

“La misión del laboratorio pasa por liderar y promover las acciones relativas al sector agrícola, involucrando y coordinando a todos los actores, de tal forma que haya una continuidad temporal que permita cumplir con la visión y los objetivos en el medio y largo plazo, así como adecuarse a las características específicas de la agricultura local”

Por su parte la misión surge a partir de los dos pilares para el funcionamiento del laboratorio para la agricultura del desierto, que son:

- Involucrar y coordinar a los agentes de la cuádruple hélice (Empresas, asociaciones, entidades generadoras de conocimiento e instituciones públicas).
- Elaborar una estrategia a largo plazo que permita la continuidad y el seguimiento de las acciones relativas a la Agricultura del Desierto

En cuanto a los **valores**, estos representan la filosofía que guía y orienta las decisiones, acciones y conductas del laboratorio. Los valores son:

- Colaboración entre y con la sociedad para el desarrollo sostenible de la agricultura del desierto
- Respeto al medioambiente
- Adaptación al cambio climático
- Promoción de la economía circular
- Promoción de la innovación
- Garantizar la igualdad de género
- Respetar y promover las tradiciones locales
- Compromiso para la mejora de la imagen del sector
- Compromiso de buena gobernanza interna, abierta, participativa y transparente
- Laboratorio abierto a todas las instancias de la sociedad (Agricultores, consumidores, investigación, financiación, etc.)

II.5/ FOCO ESTRATÉGICO

Del análisis de las tendencias internacionales y nacionales y del diagnóstico de situación, surge el foco estratégico que se debe perseguir para poder alcanzar la visión a 2030. Este **foco estratégico se vertebrará a través de 6 ejes:**

E1: Coordinación, asociatividad y relaciones institucionales

El primer eje es uno de los más importantes, pues pretende dar respuesta a parte de los problemas reconocidos en el diagnóstico. Mediante la función de coordinación de las acciones relativas a la agricultura en el desierto, la asociatividad de los actores y actuar como institución representativa de la agricultura del desierto, el laboratorio será el lugar de referencia para impulsar las acciones y coordinarlas para alcanzar la meta establecida en los objetivos estratégicos y en la visión 2030. Este eje busca convertir al Laboratorio en una instancia abierta, participativa, independiente y transparente para la sociedad.

La Hoja de Ruta se convertirá en la carta de navegación para la discusión y asignación presupuestaria, orientada al logro de un objetivo común.

E2: Infraestructuras habilitantes

El segundo eje pretende concentrar todas las acciones relacionadas con las infraestructuras. Las infraestructuras pública son clave para el desarrollo de las zonas rurales, y dado que la mayor parte de la agricultura actual se encuentra en estas áreas, su desarrollo será fundamental para conseguir el éxito. Entre las principales prioridades de este eje está el de mejorar la calidad de vida de las zonas rurales, con mejores accesos por carretera, buenas comunicaciones de internet y telefonía y buenos servicios básicos de salud, luz, agua, limpieza, etc. Esto permitirá un mejor acceso a estas zonas, y, por lo tanto, las hará más atractivas para los trabajadores, solucionando así los problemas de despoblamiento y relevo generacional. Por otra parte, también será muy importante el fomento de infraestructuras clave para el desarrollo agrícola en particular, en especial todo lo relacionado con nuevas fuentes de recursos hídricos, mejorar la eficiencia de estos, abaratar los costes

energéticos, mejorar la distribución logística y la consecución de los requerimientos sanitarios.

E3: Productividad y tecnificación agrícola

El tercer eje es el de productividad y tecnificación agrícola. Este eje pretende englobar las acciones de trabajo directo con el agricultor, permitiendo aumentar la eficiencia del uso de los recursos, los rendimientos por hectárea y la calidad de los productos.

La tecnificación agrícola, a través de la transferencia tecnológica y del trabajo directo, es fundamental en este eje. También ha de englobar acciones de fomento del emprendimiento y de aumentar el valor añadido de los productos. Esto último logrará la diferenciación del producto, pudiendo establecer productos bajo la etiqueta del “desierto”, lo cual favorecerá la comercialización de los productos, especialmente de los productos hacia el nicho de mercado gourmet.

E4: Capacitación y formación

Este cuarto eje aglutina todas las acciones relativas a la capacitación y formación de los agricultores. Por el carácter tradicional de la agricultura, es necesario la formación y capacitación de los actuales agricultores, pero además es importante el fomento de nuevos técnicos agrícolas y nuevos ingenieros agrónomos, para que haya un relevo generacional y para el desarrollo de la agricultura tecnificada. En la actualidad hay pocos profesionales y pocos emprendedores. También son pocas las opciones de formación en estas regiones, y los expertos de otras regiones conocen una agricultura muy distinta a la de la región. También se debe incluir la formación y capacitación de los agricultores a través de una escuela de oficios agrícolas.

Por otra parte, este desarrollo podría evolucionar hasta convertir esta zona en un referente para los estudios vinculados a la agricultura en zonas áridas, atrayendo profesionales en este ámbito y en ámbitos afines vinculados al desarrollo de zonas áridas: ingeniería, geografía, biotecnología, etc.

E5: Comercialización y marketing

El quinto eje agrupa las acciones relacionadas con la comercialización y marketing. Este es uno de los ejes con mayor margen de mejora debido características de los agricultores y el poco trabajo realizado hasta la fecha en esta materia. Agrupar a los agricultores para la venta de los productos, establecer centrales de compra, identificar las oportunidades del mercado o eliminar intermediarios son algunas de las acciones de este eje.

E6: Investigación, desarrollo, innovación y transferencia tecnológica

Este último eje aglutina todas las acciones de I+D+I y transferencia tecnológica. Este eje tiene que ser muy transversal, pues son muchos los factores y tecnologías que afectan a la agricultura del desierto.

Foco Estratégico del Laboratorio Natural para la Agricultura en el Desierto

OBJETIVOS ESTRATÉGICOS



Mejorar la calidad de vida y las condiciones de los agricultores y los habitantes



Aumentar la producción agrícola en las regiones de la Macrozona Norte



Desarrollar y adaptar tecnologías, innovaciones y conocimientos vinculados agricultura del desierto

EJES

E1 - Coordinación, asociatividad y relaciones institucionales

E2 - Infraestructuras Habilitantes

E3 - Productividad y tecnificación agrícola

E4 - Capacitación y formación

E5 - Comercialización y marketing

E6 - Investigación, desarrollo, innovación y transferencia tecnológica

VISIÓN 2030

"Desarrollar la agricultura del desierto en la Macrozona Norte, mejorando la calidad de vida de los agricultores y habitantes, aumentando la producción y desarrollando tecnologías y conocimientos para el desarrollo de la agricultura del desierto para hacer frente a los retos y desafíos locales y mundiales, convirtiéndose en una zona de referencia para la agricultura en zonas áridas a nivel nacional e internacional"

II.6/ BRECHAS, DESAFÍOS Y OPORTUNIDADES

Para conseguir la visión compartida establecida, la agricultura del desierto en la Macrozona Norte del país se enfrenta a una serie de brechas que deberá de superar. A continuación se presentan las brechas que han sido identificadas en la fase anterior, a través del análisis FODA y las entrevistas personales, y que han vuelto a ser contrastadas durante las entrevistas de esta fase:

| Brechas Identificadas |
|---|
| Falta de coordinación y objetivos comunes entre los actores del rubro |
| Falta de continuidad y seguimiento de los proyectos relacionados con la agricultura |
| Poca formalización de los agricultores, baja profesionalización y ausencia de conocimientos agrícolas |
| Falta de profesionales formados en agricultura del desierto |
| Ausencia de relevo generacional en el campo |
| Falta de atractivo para trabajar en el sector |
| Ausencia de algunas infraestructuras básicas en las zonas rurales |
| Escasez del recurso hídrico |
| Baja calidad de suelo y agua |
| Problemas para la obtención de los requerimientos sanitarios |
| Lentitud en la adopción de nuevas tecnologías |
| Escasa capacidad de comercialización |
| Zonas agrícolas alejadas de los centros de compras |
| Falta de comunicación de las buenas prácticas agrícolas individuales |
| Posición competitiva débil frente a la competencia de Perú o Bolivia |
| Falta de inversión en I+D+I vinculado al sector |
| Dificultad de acceso a financiación y falta de atracciones de inversión al territorio |
| Problemas normativos y legales de falta de adecuación a la realidad del desierto |
| Poco emprendimiento y falta de agregación de valor añadido |

En total, se trata de 19 brechas que a continuación se priorizarán y clasificarán.

6.1/ Priorización de las brechas

Durante las entrevistas realizadas en esta fase, se ha preguntado a los diferentes actores por la prioridad de las brechas. El resultado ha sido el siguiente:

| Brechas Identificadas | Nivel de Prioridad |
|---|--------------------|
| Falta de coordinación y objetivos comunes entre los actores del rubro | 1 |
| Ausencia de relevo generacional en el campo | 2 |
| Poca formalización de los agricultores, baja profesionalización y ausencia de conocimientos agrícolas | 3 |
| Ausencia de algunas infraestructuras básicas en las zonas rurales | 4 |
| Falta de profesionales formados en agricultura del desierto | 5 |
| Falta de continuidad y seguimiento de los proyectos relacionados con la agricultura | 6 |
| Escasez del recurso hídrico | 7 |
| Falta de comunicación de las buenas prácticas agrícolas individuales | 8 |
| Problemas para la obtención de los requerimientos sanitarios | 9 |
| Escasa capacidad de comercialización | 10 |
| Falta de atractivo para trabajar en el sector | 11 |
| Poco emprendimiento y falta de agregación de valor añadido | 12 |
| Dificultad de acceso a financiación y falta de atracciones de inversión al territorio | 13 |
| Problemas normativos y legales de falta de adecuación a la realidad del desierto | 14 |
| Zonas agrícolas alejadas de los centros de compras | 15 |
| Lentitud en la adopción de nuevas tecnologías | 16 |
| Falta de inversión en I+D+I vinculado al sector | 17 |
| Baja calidad de suelo y agua | 18 |
| Posición competitiva débil frente a la competencia de Perú o Bolivia | 19 |

6.2/ Clasificación de las brechas

Dado el orden de priorización de las brechas, el siguiente paso es clasificar estas a cada uno de los ejes estratégicos definidos en el epígrafe 6. Esto servirá para poder definir las líneas de acción, conociendo así las brechas que deberán superarse con cada una de las acciones propuestas. La clasificación es la siguiente:

| BRECHAS IDENTIFICADAS | |
|---|---|
| <u>E1</u> - Coordinación, asociatividad y relaciones institucionales | |
| B.1 | Falta de coordinación y objetivos comunes entre los actores del rubro |
| B.2 | Ausencia de relevo generacional en el campo |
| B.3 | Poca formalización de los agricultores, baja profesionalización y ausencia de conocimientos agrícolas |
| B.6 | Falta de continuidad y seguimiento de los proyectos relacionados con la agricultura |
| B.11 | Falta de atractivo para trabajar en el sector |
| B.13 | Dificultad de acceso a financiación y falta de atracciones de inversión al territorio |
| B.14 | Problemas normativos y legales de falta de adecuación a la realidad del desierto |
| <u>E2</u> - Infraestructuras habilitantes | |
| B.4 | Ausencia de algunas infraestructuras básicas en las zonas rurales |
| B.7 | Escasez del recurso hídrico |
| B.9 | Problemas para la obtención de los requerimientos sanitarios |
| B.15 | Zonas agrícolas alejadas de los centros de compras |
| <u>E3</u> - Productividad y tecnificación agrícola | |
| B.3 | Poca formalización de los agricultores, baja profesionalización y ausencia de conocimientos agrícolas |
| B.7 | Escasez del recurso hídrico |
| B.8 | Falta de comunicación de las buenas prácticas agrícolas individuales |
| B.9 | Problemas para la obtención de los requerimientos sanitarios |
| B.12 | Poco emprendimiento y falta de agregación de valor añadido |
| B.13 | Dificultad de acceso a financiación y falta de atracciones de inversión al territorio |
| B.14 | Problemas normativos y legales de falta de adecuación a la realidad del desierto |
| B.16 | Lentitud en la adopción de nuevas tecnologías |
| B.18 | Baja calidad de suelo y agua |

| BRECHAS IDENTIFICADAS | |
|--|---|
| <u>E4</u> - Capacitación y formación | |
| B.3 | Poca formalización de los agricultores, baja profesionalización y ausencia de conocimientos agrícolas |
| B.5 | Falta de profesionales formados en agricultura del desierto |
| B.8 | Falta de comunicación de las buenas prácticas agrícolas individuales |
| B.12 | Poco emprendimiento y falta de agregación de valor añadido |
| <u>E5</u> - Comercialización y marketing | |
| B.10 | Escasa capacidad de comercialización |
| B.12 | Poco emprendimiento y falta de agregación de valor añadido |
| B.13 | Dificultad de acceso a financiación y falta de atracciones de inversión al territorio |
| B.15 | Zonas agrícolas alejadas de los centros de compras |
| B.19 | Posición competitiva débil frente a la competencia de Perú o Bolivia |
| <u>E6</u> - Investigación, desarrollo, innovación y transferencia tecnológica | |
| B.7 | Escasez del recurso hídrico |
| B.8 | Falta de comunicación de las buenas prácticas agrícolas individuales |
| B.13 | Dificultad de acceso a financiación y falta de atracciones de inversión al territorio |
| B.16 | Lentitud en la adopción de nuevas tecnologías |
| B.17 | Falta de gasto en I+D+I vinculado al sector |

6.3/ Desafíos y oportunidades

Finalmente, y para favorecer la capacidad de ejecución del Laboratorio agrícola del Desierto, que se desarrollará a través de las líneas de acción, se establecerán los desafíos y oportunidades que la agricultura en las regiones de Tarapacá y Antofagasta. Estas son:

| Brechas | Desafíos | Oportunidades |
|---|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> Falta de coordinación y objetivos comunes entre los actores del rubro | <ul style="list-style-type: none"> Mejorar la asociatividad entre los agricultores Aumentar la colaboración entre instituciones generadoras de conocimiento, instituciones públicas y agricultores | <ul style="list-style-type: none"> Disposición de las entidades a colaborar en la mejora del sector Nueva tecnología que facilita la coordinación y asociatividad |
| <ul style="list-style-type: none"> Falta de continuidad y seguimiento de los proyectos relacionados con la agricultura | <ul style="list-style-type: none"> Establecer estrategias para el largo plazo y mejorar el seguimiento de los proyectos | <ul style="list-style-type: none"> El laboratorio del desierto es una oportunidad única para configurar una estrategia pensada en el largo plazo |
| <ul style="list-style-type: none"> Problemas normativos y legales de falta de adecuación a la realidad del desierto | <ul style="list-style-type: none"> Modificar la legislación actual en los derechos de agua y suelo, entre otros aspectos, para favorecer la agricultura y adaptarse a la realidad local. | <ul style="list-style-type: none"> Se están iniciando reformas a nivel nacional en este aspecto legislativo |
| <ul style="list-style-type: none"> Poca formalización de los agricultores, baja profesionalización y ausencia de conocimientos agrícolas | <ul style="list-style-type: none"> Aumento de la capacitación de los agricultores no formados | <ul style="list-style-type: none"> Con las situaciones vividas en los años 2019 y 2020 ha quedado latente la importancia de sector agrícola para cumplir con la seguridad y soberanía alimentaria a nivel local y regional. |
| <ul style="list-style-type: none"> Falta de profesionales formados en agricultura del desierto | <ul style="list-style-type: none"> Formar a más profesionales con pertinencia en agricultura del desierto, tanto ingenieros como técnicos agrícolas | <ul style="list-style-type: none"> Con las situaciones vividas en los años 2019 y 2020 ha quedado latente la importancia de sector agrícola para cumplir con la seguridad y soberanía alimentaria a nivel local y regional. |
| <ul style="list-style-type: none"> Ausencia de relevo generacional en el campo | <ul style="list-style-type: none"> Conseguir que los jóvenes se sientan atraídos por el mundo rural y apuesten por la agricultura como forma de vida Mejorar los servicios e infraestructuras de las zonas rurales | <ul style="list-style-type: none"> Las mejoras en las conexiones y la tecnología han acercado el mundo rural al urbano. Esto es una oportunidad para que la gente joven vuelva a las zonas rurales sin perder la conexión. |
| <ul style="list-style-type: none"> Falta de atractivo para trabajar en el sector | <ul style="list-style-type: none"> Conseguir que el atractivo del sector agro se equipare con otras industrias, principalmente la minera | <ul style="list-style-type: none"> Las nuevas tendencias mundiales favorecen el aumento de atractivo del sector agrícola (sostenibilidad, medio ambiente, economía circular, consumo de cercanía, rentabilidad, mecanización de pequeños predios, etc.) |
| <ul style="list-style-type: none"> Ausencia de algunas infraestructuras básicas en las zonas rurales | <ul style="list-style-type: none"> Mejorar las condiciones de las zonas rurales (vías de acceso, energía eléctrica y comunicaciones) | <ul style="list-style-type: none"> Los desarrollos tecnológicos favorecen mucho el adelanto de las zonas rurales y su equiparación con las zonas urbanas. |

Informe Final - Servicios para la realización de la Consultoría para 131
 elaboración de la Hoja de Ruta para “Plan de desarrollo de laboratorio
 para agricultura del desierto Macrozona Norte”

| Brechas | Desafíos | Oportunidades |
|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> Escasez del recurso hídrico | <ul style="list-style-type: none"> Aumentar la eficiencia del uso de agua del riego Disponer de nuevas fuentes de agua Reutilizar aguas ST | <ul style="list-style-type: none"> La nueva tecnología aporta capacidad para alcanzar los desafíos señalados, mejorando la eficiencia del agua a través de nuevos sistemas de cultivo y de riego, así como logrando nuevas fuentes de obtención de recursos hídricos. La RSC de las mineras cada vez es mayor, y se puede aprovechar para utilizar los cauces naturales para la agricultura |
| <ul style="list-style-type: none"> Baja calidad de suelo y agua | <ul style="list-style-type: none"> Mejorar la calidad del agua y suelo para aumentar el rendimiento de los cultivos | <ul style="list-style-type: none"> Existe tecnología para mejorar la calidad del agua y suelo, aunque es necesario poder trasladarlo a la realidad regional |
| <ul style="list-style-type: none"> Problemas para la obtención de los requerimientos sanitarios | <ul style="list-style-type: none"> Conseguir que los agricultores logren la obtención de requerimientos sanitarios Facilitar y apoyar la burocracia para la consecución de estos requerimientos Mejorar las infraestructuras básicas en zonas rurales que permitan la obtención de los requerimientos, como el alcantarillado, acceso a agua y electricidad, etc. Obtenerlos para comercializar los productos | <ul style="list-style-type: none"> Muchos de los agricultores no obtienen estos requerimientos por temas burocráticos, por lo que es una solución relativamente barata. Las nuevas generaciones agrícolas tienen más integrada los conceptos de seguridad alimentaria Capacidad de comercializar el producto en mercados regulados si se obtienen |
| <ul style="list-style-type: none"> Lentitud en la adopción de nuevas tecnologías | <ul style="list-style-type: none"> Conseguir que los agricultores incorporen más tecnologías que les permitan aumentar sus rendimientos | <ul style="list-style-type: none"> Muchos de los programas desarrollados en la actualidad van encaminados en esta dirección |
| <ul style="list-style-type: none"> Escasa capacidad de comercialización | <ul style="list-style-type: none"> Conseguir la asociatividad para mejorar la posición competitiva de los agricultores frente a los intermediarios Aumentar la producción de productos elaborados Conseguir sellos distintivos para los productos del desierto Generar cooperativas dedicadas a este fin | <ul style="list-style-type: none"> Los productos del “desierto” tienen una alta demanda en diversos mercados Se trata de productos Gourmet que cuentan con un precio más elevado |
| <ul style="list-style-type: none"> Zonas agrícolas alejadas de los centros de compras | <ul style="list-style-type: none"> Conseguir asociatividad para reducir los costes y eliminar intermediarios | <ul style="list-style-type: none"> El laboratorio es el espacio perfecto para conseguir la asociatividad entre los agricultores Desarrollo de nuevas tecnologías que facilitan el entendimiento y la asociatividad |
| <ul style="list-style-type: none"> Falta de comunicación de las buenas prácticas agrícolas individuales | <ul style="list-style-type: none"> Conseguir recopilar todos los avances relacionados con la agricultura del desierto en la Macrozona Norte de Chile | <ul style="list-style-type: none"> Muchas instituciones tienen recopilados estudios, se trata de compilar y generar una base de datos pública El laboratorio es un lugar perfecto para la puesta en común de avances |
| <ul style="list-style-type: none"> Posición competitiva débil frente a la competencia de Perú o Bolivia | <ul style="list-style-type: none"> Desarrollar el producto para poder ser competitivo en los mercados locales, regionales y nacionales Invertir en el desarrollo de una agricultura de desierto competitiva, como Perú | <ul style="list-style-type: none"> El reconocimiento de Chile a nivel internacional como productor de alimentos |
| <ul style="list-style-type: none"> Falta de inversión en I+D+i vinculado al sector | <ul style="list-style-type: none"> Aumentar el gasto en I+D+i dentro del sector | <ul style="list-style-type: none"> Las situaciones adversas vividas en 2019 y 2020 han reflejado la importancia de invertir en el sector agrícola. |

Informe Final - Servicios para la realización de la Consultoría para 132
 elaboración de la Hoja de Ruta para “Plan de desarrollo de laboratorio
 para agricultura del desierto Macrozona Norte”

| Brechas | Desafíos | Oportunidades |
|--|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Dificultad de acceso a financiación y falta de atracciones de inversión al territorio | <ul style="list-style-type: none"> • Facilitar el acceso a la financiación de los agricultores • Formalizar la agricultura | <ul style="list-style-type: none"> • Las situaciones adversas vividas en 2019 y 2020 han reflejado la importancia del sector agrícola y por lo tanto de fomentar y facilitar el acceso para la realización de inversiones |
| <ul style="list-style-type: none"> • Poco emprendimiento (y dificultad de conseguir terrenos fiscales) y falta de agregación de valor añadido | <ul style="list-style-type: none"> • Aumentar las iniciativas de emprendimiento • Fomentar la transformación de los productos • Apoyo crediticio o subsidios a través de concursos como riego, mejoramiento suelos, infraestructura, etc. • Recudir trabas administrativas • Bajar valores de terrenos • Entregarlos a concesión contra proyecto, pero con precios fijados y facilidades para el pago | <ul style="list-style-type: none"> • Disponibilidad de programas públicos de fomento del emprendimiento • Se dispone de mucho apoyo a emprendedores a través de internet • Los nuevos canales de comercialización favorecen la venta de productos elaborados • Incrementar la superficie agrícola regional con nuevos emprendimientos • Disponibilidad de terrenos fiscales para el desarrollo del emprendimiento |

II.7/ LÍNEAS DE ACCIÓN

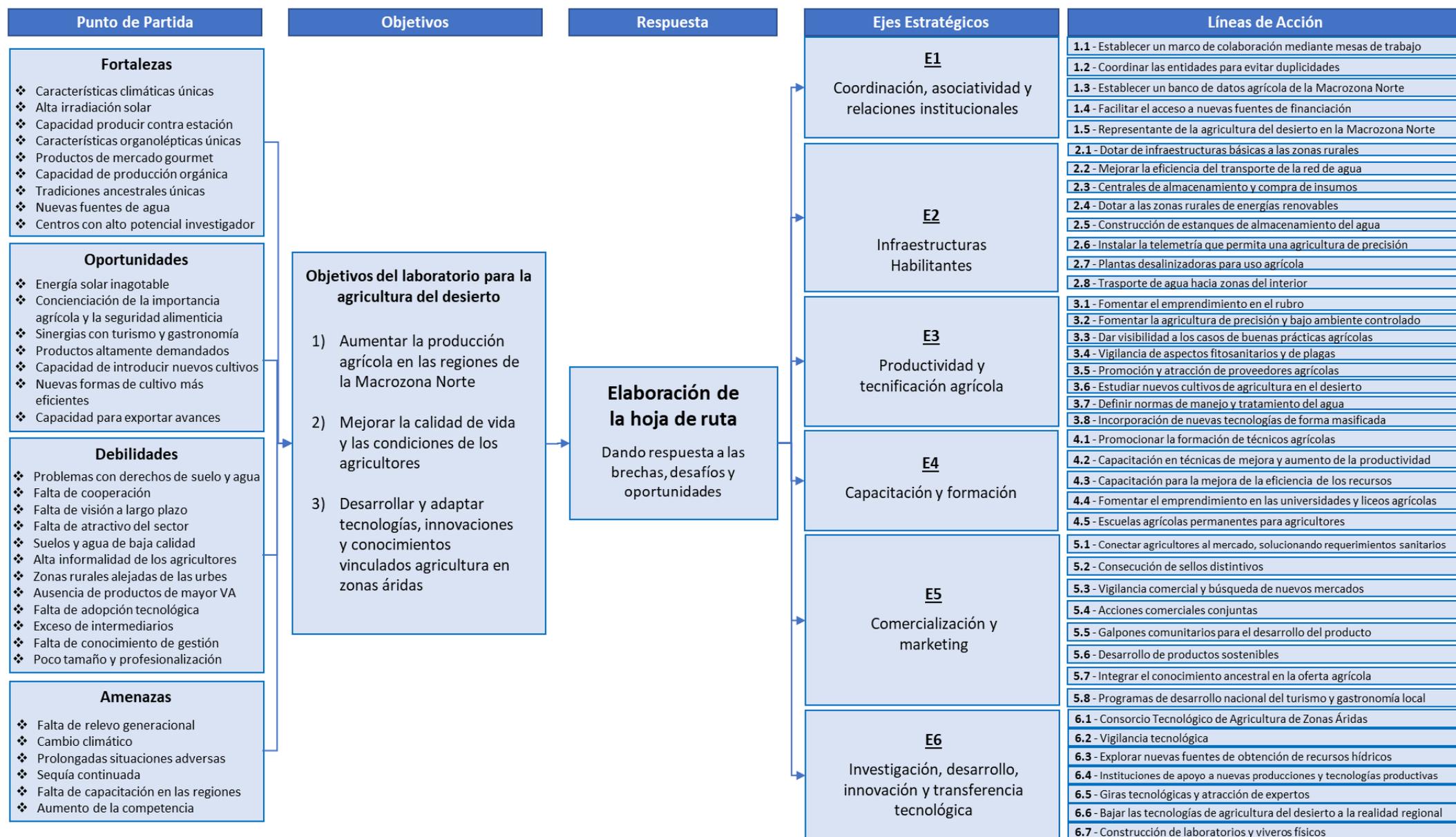
Las **líneas de acción** forman las **iniciativas y proyectos** que se encargarán de poner en la práctica todo **el plan elaborado** en la presente Hoja de Ruta. Las líneas de acción han sido **desarrolladas a partir de cada uno de los seis ejes** estratégicos, dando respuesta a las brechas previamente identificadas como parte del diagnóstico.

Las líneas de acción son la respuesta en forma de proyectos o iniciativas que el laboratorio del desierto debe **emprender para ir superando los desafíos y aprovechando las oportunidades que ofrece la agricultura del desierto.**

La **primera línea de acción** debe ser la **puesta en marcha del laboratorio**. Para ello, el grupo de gestión (que vendrá definido en la sección de gobernanza) deberá encargarse de conseguir la financiación suficiente para la puesta en marcha, así como encontrar un lugar de acogida para el trabajo de las personas que conformen la unidad técnica. En cuanto a **la financiación**, se aconseja la búsqueda en distintas fuentes, tanto públicas, a través de programas de desarrollo a nivel regional y nacional y acuerdos de colaboración y convenios con las instituciones con presencia en la región, como privadas, mediante acuerdos con empresas mineras a través de sus programas de RSC o con otras compañías interesadas en el desarrollo de la agricultura del desierto. En cuanto al **lugar físico**, se aconseja contactar con las universidades, en especial con la universidad Arturo Pratt, pues es la única universidad de ambas regiones que posee el grado de Ingeniería Agronómica y que, además, posee la Estación Experimental Canchones. También se puede contactar con los liceos presentes en las regiones.

A partir de la puesta en marcha del laboratorio del desierto, se deberán desarrollar las líneas de acción que el equipo técnico de INFYDE ha propuesto a partir del del análisis de prospectiva y tendencias internacionales y del diagnóstico de situación establecido en el informe 2, así como de las necesidades que han ido surgiendo en las entrevistas personales con los actores del rubro entrevistados y en el taller de consenso y evaluación de la Hoja de Ruta.

El informe sobre cómo se ha llegado a las líneas de acción se puede observar en el siguiente gráfico:



A continuación, se desglosa cada una de las 43 acciones propuestas:

| E1: Coordinación, asociatividad y relaciones institucionales | | | |
|--|--|-----------------------------|-------------|
| Línea de acción | 1.1 - Establecer un marco de colaboración mediante mesas de trabajo y promoviendo la asociatividad entre agricultores | | |
| Prioridad | Muy alta | Brechas que responde | B1, B3, B14 |
| Desarrollo temporal | Corto plazo | | |
| Objetivo y acciones | | | |
| <p>Como una de las líneas de acción clave, establecer un marco de colaboración continuo a través de mesas de trabajo es fundamental para involucrar y coordinar a los actores. Se propone la realización de una mesa de carácter semestral obligatoria, pudiendo surgir mesas o reuniones para temas específicos. La unidad técnica del equipo de trabajo del laboratorio será la encargada de programar estas reuniones y darles seguimiento para garantizar una correcta celebración de las mismas. Muchas mesas temáticas ya se realizan actualmente. En ese caso, el papel del laboratorio pasa por asegurar su realización en el marco de la agricultura del desierto, así como promover las cooperativas entre los agricultores.</p> <p>Por otra parte, la segunda vía alternativa para lograr la asociatividad es a través de la ejecución de proyectos conjuntos donde participen diferentes agricultores junto con instituciones de apoyo y la academia. Esto servirá también para detectar las necesidades locales y lograr la asociatividad local, promoviendo el cooperativismo.</p> | | | |
| E1: Coordinación, asociatividad y relaciones institucionales | | | |
| Línea de acción | 1.2 - Coordinar las entidades para evitar duplicidades | | |
| Prioridad | Muy alta | Brechas que responde | B1, B6 |
| Desarrollo temporal | Corto plazo | | |
| Objetivo y acciones | | | |
| <p>Esta acción engloba una vigilancia general de los proyectos que están en ejecución vinculados a cualquier tema relacionado con la agricultura del desierto. Esto permitirá establecer sinergias positivas entre proyectos, de tal forma que se aumente la efectividad de los mismos. Al tratarse de proyectos de muchas entidades que se pretende que se integren en el marco del proyecto del laboratorio agrícola del desierto, será mucho más sencillo poder coordinar estas acciones y que haya un continuo flujo de información entre estas.</p> <p>En este aspecto, la Hoja de Ruta se convertirá en una carta de navegación para la discusión y asignación presupuestaria, orientada al logro de un objetivo común.</p> | | | |
| E1: Coordinación, asociatividad y relaciones institucionales | | | |
| Línea de acción | 1.3 - Establecer un banco de datos agrícola de la Macrozona Norte | | |
| Prioridad | Alta | Brechas que responde | B6 |
| Desarrollo temporal | Corto plazo | | |
| Objetivo y acciones | | | |
| <p>Otro de los aspectos importantes es el de recopilar información e ir creando un banco de datos que facilite la toma de decisiones y el plan de seguimiento y evaluación. En la actualidad falta mucha información cuantitativa relativa a la agricultura, en parte debido a la alta informalidad de esta. Poder avanzar con estos datos mejoraría mucho la manera de entender el sector y permitiría la adecuación de los proyectos.</p> <p>Estos datos incluyen número de agricultores, hectáreas por tipo de cultivo, tipo de riego, origen del agua del riego y de la energía utilizada, resultados de los proyectos realizados, inversiones, etc. (todos los datos cuantitativos posibles).</p> | | | |

| E1: Coordinación, asociatividad y relaciones institucionales | | | |
|--|---|-----------------------------|----------|
| Línea de acción | 1.4 - Facilitar el acceso a nuevas fuentes de financiación | | |
| Prioridad | Media | Brechas que responde | B11, B13 |
| Desarrollo temporal | Medio plazo | | |
| Explicación | | | |
| En el medio plazo, se espera que el laboratorio pueda ejercer como intermediario y asesor para el acceso a la financiación de agricultores y entidades de I+D+I. Este apartado entra dentro de una visión más amplia de aumento de los rendimientos, formalización de los agricultores y nuevas ideas de emprendimiento y transformación de productos que, en todos los casos, necesitarán inversión para poder llevarse a cabo. | | | |

| E1: Coordinación, asociatividad y relaciones institucionales | | | |
|--|--|-----------------------------|---------|
| Línea de acción | 1.5 - Representar la agricultura del desierto promoviendo la imagen de la macrozona y sus productos agrícolas | | |
| Prioridad | Media | Brechas que responde | B2, B11 |
| Desarrollo temporal | Largo plazo | | |
| Explicación | | | |
| Finalmente, a largo plazo se espera que el laboratorio gane peso como el ente representativo de la agricultura en el desierto, englobando la agricultura de las 5 regiones de la macrozona norte, a pesar de las diferencias tan importantes entre las agriculturas que se dan en esta. Este proceso favorecerá la representatividad de esta zona en las políticas agrarias, hídricas o energéticas nacionales, así como la capacidad de fomentar acciones comerciales conjuntas más enfocadas en la exportación de alimentos, conocimientos o tecnologías, entre otros. | | | |

| E2: Infraestructuras habilitantes | | | |
|---|--|-----------------------------|-----------------|
| Línea de acción | 2.1 - Dotar de infraestructuras básicas a las zonas rurales | | |
| Prioridad | Muy alta | Brechas que responde | B2, B4, B9, B15 |
| Desarrollo temporal | Corto plazo | | |
| Explicación | | | |
| Para conseguir que haya jóvenes interesados en ejecutar agricultura en las zonas rurales, y por lo tanto que haya un relevo generacional, es fundamental que estas áreas tengan las infraestructuras básicas mínimas que aseguren una buena calidad de vida, similar a la que pueden tener en las zonas urbanas. Estas infraestructuras básicas son: electricidad 24/7, agua corriente, internet y buena cobertura de telecomunicaciones, un buen sistema de alcantarillado, carreteras en buen estado para conectar con las áreas urbanas, etcétera. Para ello, el laboratorio intentará coordinar estas acciones que en muchos casos se dividen entre entidades distintas con muy poca colaboración entre sí y sin generar sinergias. | | | |

| E2: Infraestructuras habilitantes | | | |
|---|---|-----------------------------|--------|
| Línea de acción | 2.2 - Mejorar la eficiencia del transporte de la red de agua | | |
| Prioridad | Muy alta | Brechas que responde | B4, B7 |
| Desarrollo temporal | Corto plazo | | |
| Explicación | | | |
| <p>Otro de los aspectos fundamentales de la agricultura del desierto es conseguir mejorar la eficiencia del recurso hídrico, ya que este es uno de los principales puntos para la mejor agrícola. Uno de los problemas actuales es la pérdida de agua en su transporte, principalmente la que se realiza a través de canales. Por este motivo, es necesario poner encima de la mesa este tema y poder coordinar acciones, que a día de hoy se realizan, para qué, respetando algunas zonas donde los canales son algo crítico en su cultura, se modernice el sistema de transporte mediante tuberías plásticas que eviten la pérdida de agua. Donde no se sustituyan los canales, será importante revestirlos para que la pérdida sea la menor posible.</p> <p>También ligado a esta línea de acción se proponen otras acciones como la reutilización de aguas servidas tratadas o la colocación de sensores a los largo de estas infraestructuras de transporte de tal forma que se conozcan las pérdidas de agua de forma inmediata para solucionarse lo antes posible.</p> | | | |

| E2: Infraestructuras habilitantes | | | |
|---|---|-----------------------------|---------------|
| Línea de acción | 2.3 - Centrales de compra de insumos, procesamiento y distribución | | |
| Prioridad | Media | Brechas que responde | B10, B12, B15 |
| Desarrollo temporal | Corto plazo | | |
| Explicación | | | |
| <p>Es fundamental crear mecanismos que faciliten la compra de insumos, así como su procesamiento y venta, reduciendo el número de intermediarios y pudiendo alcanzar mejores precios. Agregar la oferta de estos territorios es fundamental para construir una estrategia en el largo plazo y poder desarrollar la marca de agricultura del desierto.</p> <p>También es importante disponer de asesoría en gestión de operaciones, por lo que será importante forma profesionales especializados en el rubro y ponerles en contacto con empresas y emprendedores.</p> | | | |

| E2: Infraestructuras habilitantes | | | |
|--|---|-----------------------------|----|
| Línea de acción | 2.4 - Dotar a las zonas rurales de energías renovables | | |
| Prioridad | Alta | Brechas que responde | B4 |
| Desarrollo temporal | Medio plazo | | |
| Explicación | | | |
| <p>Una de las grandes oportunidades que presenta la macrozona norte en su capacidad para la generación de energía renovable, especialmente cuando hablamos de energía solar, puesto que la zona es una con las mayores irradiaciones solares de todo el mundo. Dotar a las zonas rurales de sistemas de energía solar solucionará sus problemas eléctricos y servirá para abaratar los costes de la producción agrícola.</p> | | | |

| E2: Infraestructuras habilitantes | | | |
|--|--|-----------------------------|----|
| Línea de acción | 2.5 - Construcción de estanques de almacenamiento del agua | | |
| Prioridad | Media | Brechas que responde | B7 |
| Desarrollo temporal | Medio plazo | | |
| Explicación | | | |
| <p>Las lluvias estivales que se dan en la alta cordillera provocan en ocasiones aluviones que acarrearán desperfectos a su paso. Además, esta lluvia no se aprovecha. Por ello, se propone la construcción de estanques de almacenamiento de agua que funcionarían mediante el agua de la lluvia y que permitirían disponer de agua para el uso agrícola. Se abren dos posibilidades, pequeñas piscinas para el uso agrícola individual o grandes embalses que permitan represar el agua. Este aspecto no solo tiene como foco la construcción, sino que habría que tratar el tema de los derechos de agua para poder utilizar esta nueva fuente en el uso agrícola.</p> | | | |

| E2: Infraestructuras habilitantes | | | |
|--|---|-----------------------------|--------|
| Línea de acción | 2.6 - Instalar la telemetría que permita una agricultura de precisión | | |
| Prioridad | Media | Brechas que responde | B4, B7 |
| Desarrollo temporal | Medio plazo | | |
| Explicación | | | |
| <p>Esta línea de acción conlleva la instalación de telemetría que permita la recopilación de datos para después utilizarlos para el fomento de la agricultura de precisión, además de para facilitar la toma de decisiones. En la actualidad han sido varios los intentos de producirse, pero debido a temas sociales no han funcionado. Es importante centrar el debate en este tema para ver cómo se puede arreglar esta situación y conseguir obtener datos a través de los sensores como las estaciones climáticas, las cámaras multiespectrales, los caudalímetros digitales, los sensores de humedad, etc.</p> <p>Estos sensores permiten establecer modelos de predicción de la producción bajo el escenario de cambio climático, lo cual es fundamental para poder prospectar nuevos sectores de producción en base a evidencia científica que avale, o no, la incorporación de nuevos cultivos o actividades económicas ligadas a un rubro en particular.</p> | | | |

| E2: Infraestructuras habilitantes | | | |
|--|---|-----------------------------|----|
| Línea de acción | 2.7 - Plantas desalinizadoras para uso agrícola | | |
| Prioridad | Alta | Brechas que responde | B7 |
| Desarrollo temporal | Largo plazo | | |
| Explicación | | | |
| <p>En Antofagasta son muchas las plantas desalinizadoras que se han construido, y se espera que este tipo de instalaciones se promuevan a otras regiones como Tarapacá. Sin embargo, el uso del agua desalinizada en estas plantas es principalmente dirigido a la industria (minería) y al consumo humano. El objetivo de esta línea es conseguir que o bien el agua que queda liberada por esas nuevas fuentes, e incluso una parte de esta producción de agua desalinizada pueda emplearse para el uso agrícola, tanto a través de la construcción de plantas para ello o a través del uso de una parte del agua de las plantas dirigidas al sector minero. La reducción de costes de estas infraestructuras a través de la energía renovable es fundamental para lograr la sostenibilidad de las mismas y el acceso a agua barata por parte de los agricultores.</p> | | | |

| E2: Infraestructuras habilitantes | | | |
|---|--|-----------------------------|----|
| Línea de acción | 2.8 - Transporte de agua hacia zonas del interior | | |
| Prioridad | Alta | Brechas que responde | B7 |
| Desarrollo temporal | Largo plazo | | |
| Explicación | | | |
| <p>Finalmente, la última línea de acción del eje dos pone en el foco el transporte de agua hacia las zonas de interior. Esto se trata de construcciones muy caras que probablemente tengan que venir como parte de las iniciativas nacionales. Sin embargo, es necesario que el laboratorio lo tenga presente y pueda ejercer presión en estos aspectos, pues mejoraría mucho la agricultura de las zonas de interior. Además, el desarrollo de la energía renovable podría abaratar mucho los costes de estas instalaciones.</p> | | | |

| E3: Productividad y tecnificación agrícola | | | |
|---|--|-----------------------------|---------|
| Línea de acción | 3.1 - Fomentar el emprendimiento y la transformación del producto | | |
| Prioridad | Alta | Brechas que responde | B2, B12 |
| Desarrollo temporal | Corto plazo | | |
| Explicación | | | |
| <p>En la actualidad hay muy poco emprendimiento y transformación del producto, debido en gran parte a la poca formalización de la agricultura y al escaso atractivo del sector para los jóvenes. Por este motivo una de las principales actuaciones que debe ejercer el laboratorio es la de promover el emprendimiento y la transformación del producto ya que mejoraría en gran parte la eficiencia productiva y la calidad de vida de los agricultores, haciendo más atractivo el sector. Se deberían generar políticas y estrategias que permitiesen a los jóvenes a acceder a terrenos fiscales contra proyectos, y a financiamiento ya sea por concurso o créditos blandos.</p> <p>Esto provocará crear un polo de atracción para otros agricultores y profesionales que deseen especializarse en la producción del desierto y en condiciones extremas.</p> | | | |

| E3: Productividad y tecnificación agrícola | | | |
|--|--|-----------------------------|---------|
| Línea de acción | 3.2 - Fomentar la agricultura de precisión y bajo ambiente controlado | | |
| Prioridad | Muy alta | Brechas que responde | B3, B16 |
| Desarrollo temporal | Corto plazo | | |
| Explicación | | | |
| <p>Una de las cosas que quedan latentes es la necesidad de transformarse en una agricultura de precisión y bajo ambiente controlado para poder hacer una agricultura rentable, con altos rendimientos y que permita una buena calidad de vida en el desierto. Por ello, es fundamental que desde el laboratorio se fomente este tipo de agricultura, trasladando experiencias de buenas prácticas en hidroponía o riego tecnificado, entre otras muchas.</p> | | | |

| E3: Productividad y tecnificación agrícola | | | |
|---|--|-----------------------------|----|
| Línea de acción | 3.3 - Dar visibilidad a los casos de buenas prácticas agrícolas | | |
| Prioridad | Muy alta | Brechas que responde | B8 |
| Desarrollo temporal | Corto plazo | | |
| Explicación | | | |
| <p>Muy ligado a la línea de acción anterior está el fomento de los casos de buenas prácticas agrícolas. En la actualidad, hay muchos casos donde agricultores individuales han conseguido casos de éxito en la introducción de tecnología, la mejora de la eficiencia del uso hídrico, la utilización de energías renovables, la transformación del producto, la comercialización, la introducción de nuevas variedades, etc. Para que esto se pueda extender a otros agricultores, consideramos que el laboratorio tiene que hacer una labor de recopilación y promoción de estos casos entre todos los actores que constituyen el ecosistema agrícola de las regiones.</p> <p>Repetir las experiencias exitosas y darles visibilidad debe ser una de las prioridades del laboratorio.</p> | | | |

| E3: Productividad y tecnificación agrícola | | | |
|---|--|-----------------------------|--------|
| Línea de acción | 3.4 - Vigilancia de aspectos fitosanitarios y de plagas | | |
| Prioridad | Baja | Brechas que responde | B3, B9 |
| Desarrollo temporal | Corto plazo | | |
| Explicación | | | |
| <p>También se propone que el laboratorio este encargado de vigilar los aspectos fitosanitarios y de plagas, para concentrar el conocimiento sobre ellos y poder dar una rápida respuesta a estos problemas cuando surjan.</p> | | | |

| E3: Productividad y tecnificación agrícola | | | |
|---|---|-----------------------------|---------|
| Línea de acción | 3.5 - Promoción y atracción de proveedores agrícolas | | |
| Prioridad | Media | Brechas que responde | B2, B15 |
| Desarrollo temporal | Corto plazo | | |
| Explicación | | | |
| <p>Al tener una agricultura poco formalizada, de pequeños agricultores y alejada de las ciudades, es muy difícil encontrar proveedores agrícolas y por lo tanto esto encarece mucho el abastecimiento de los agricultores el desierto. El laboratorio puede actuar como representante de esta agricultura, ejerciendo una mayor fuerza que sea capaz de atraer nuevos proveedores, abaratando así los costes y facilitando el acceso a este material.</p> | | | |

| E3: Productividad y tecnificación agrícola | | | |
|--|---|-----------------------------|---------|
| Línea de acción | 3.6 - Estudiar nuevos cultivos de agricultura en el desierto | | |
| Prioridad | Media | Brechas que responde | B3, B12 |
| Desarrollo temporal | Medio plazo | | |
| Explicación | | | |
| <p>En la actualidad hay muchos casos aislados en los que se han estudiado en nuevos cultivos para comprobar su factibilidad en el desierto. A través de esta iniciativa se pretende ordenar y fomentar estos casos aislados, en base a su factibilidad técnica y económica y que pueda representar un eje de desarrollo agrícola nacional y de exportación, así como recopilar los antecedentes que permitan aumentar el conocimiento. También se espera incluir decisiones de carácter comercial que guíen la toma de decisiones en cuanto al tipo de cultivos que plantar.</p> | | | |

| E3: Productividad y tecnificación agrícola | | | |
|--|--|-----------------------------|--------------|
| Línea de acción | 3.7 - Definir normas de manejo y tratamiento del agua | | |
| Prioridad | Baja | Brechas que responde | B7, B14, B18 |
| Desarrollo temporal | Medio plazo | | |
| Explicación | | | |
| <p>Esta iniciativa contempla la posibilidad de definir nuevas normas de manejo y tratamiento de agua que mejoren la calidad y la eficiencia del mismo en la agricultura del desierto, considerando para tales efectos tecnologías de filtrado de agua que disminuyan los contenidos de sales y metales pesados del agua de riego por el riesgo que posee el que se trasladen a los vegetales y después puedan ser ingeridos por el ser humano.</p> | | | |

| E3: Productividad y tecnificación agrícola | | | |
|--|--|-----------------------------|----------|
| Línea de acción | 3.8 - Desarrollar tecnología y maquinaria y adaptarla al desierto y la realidad local | | |
| Prioridad | Alta | Brechas que responde | B16, B17 |
| Desarrollo temporal | Medio plazo | | |
| Explicación | | | |
| <p>Otra de las líneas de actuación más importantes es la del desarrollo de tecnología y maquinaria adaptada al desierto y a la realidad de los agricultores locales actuales y potenciales. Para poder conseguir una agricultura con mayores rendimientos la tecnología y la maquinaria son fundamentales. En todo el mundo existe mucha tecnología y maquinaria y uno de los trabajos más importantes es poder adaptarla a la realidad de la macrozona norte de Chile, tanto los aspectos climatológicos como a las características de la agricultura local.</p> <p>Otro aspecto importante es la consideración de la agricultura tradicional en el desarrollo agrícola, desde el punto de vista agrológico. Es importante la puesta en valor de todas las tradiciones y que estas se integren en la oferta de producto, dando valor añadido al mismo, a través de prácticas sostenibles y respetuosas con el medio ambiente.</p> <p>Finalmente, es importante tener en cuenta que este aspecto permite trabajar con la tecnología punta en esta materia a nivel internacional, permitiendo avances que se traducen en mejoras, no solo en la agricultura, sino también en otros sectores, además de atraer capital humano cualificado. Además, el incremento de la desertificación, tanto de Chile como de otros lugares del mundo, permitirá extrapolar estos conocimientos y tecnologías a otras regiones.</p> | | | |

| E3: Productividad y tecnificación agrícola | | | |
|--|--|-----------------------------|-----------------|
| Línea de acción | 3.9 - Incorporación de nuevas tecnologías de forma masificada | | |
| Prioridad | Alta | Brechas que responde | B2, B3, B6, B16 |
| Desarrollo temporal | Largo plazo | | |
| Explicación | | | |
| Finalmente, a largo plazo se espera poder aumentar el número de ayudas y proyectos que van encaminados a que todos los agricultores puedan modernizar e incorporar tecnología en sus predios. De esta forma aumentar mucho los rendimientos de la agricultura en el desierto y podrá ser sustentable por sí misma. | | | |

| E4: Capacitación y formación | | | |
|--|---|-----------------------------|-------------|
| Línea de acción | 4.1 - Promocionar la formación de técnicos y profesionales agrícolas | | |
| Prioridad | Alta | Brechas que responde | B2, B5, B11 |
| Desarrollo temporal | Corto plazo | | |
| Explicación | | | |
| En las entrevistas realizadas muchos de Los agricultores se quejan de la dificultad de encontrar profesionales en el sector. En la actualidad, son muy pocos los técnicos agrícolas y los ingenieros agrónomos que se forman las regiones de Tarapacá y Antofagasta. Para mejorar esta situación se espera que el laboratorio pueda promocionar este tipo de carreras profesionales, a través de aumentar la visibilidad de las mismas y generar becas de estudio. | | | |

| E4: Capacitación y formación | | | |
|--|---|-----------------------------|----------------|
| Línea de acción | 4.2 - Capacitación en técnicas de mejora y aumento de la productividad | | |
| Prioridad | Alta | Brechas que responde | B2, B3, B5, B8 |
| Desarrollo temporal | Corto plazo | | |
| Explicación | | | |
| Mediante el laboratorio también se pretende focalizar la capacitación en técnicas de mejora y aumento de la productividad que permiten a los agricultores hacer más rentable su cultivos por lo tanto hacer más atractivo al sector y que este permita no sólo una buena calidad de vida, sino también el desarrollo de emprendimientos innovadores. | | | |
| En este aspecto, los programas de difusión y divulgación de la Ciencia, Tecnología e Innovación son clave para que los avances lleguen a los agricultores actuales y potenciales. En este apartado es necesario programas de acompañamiento y seguimiento de los proyectos. | | | |

| E4: Capacitación y formación | | | |
|--|---|-----------------------------|-------------|
| Línea de acción | 4.3 - Capacitación para la mejora de la eficiencia de los recursos | | |
| Prioridad | Alta | Brechas que responde | B3, B7, B18 |
| Desarrollo temporal | Corto plazo | | |
| Explicación | | | |
| <p>Ligado al punto anterior, también se pretende que haya formación para el uso eficiente de los recursos limitados que se disponen en el desierto, principalmente aquellos relacionados con la escasez hídrica y la eficiencia energética. Esta capacitación, permitirá también “exportar” capital humano a otras regiones, sobre todo con el incremento de la desertificación en la zona central de Chile.</p> <p>Al igual que en la línea de acción anterior, 4.2, será importante la difusión y divulgación de los avances, así como el acompañamiento y seguimiento en los proyectos.</p> | | | |

| E4: Capacitación y formación | | | |
|---|---|-----------------------------|-------------|
| Línea de acción | 4.4 - Fomentar el emprendimiento en las universidades y liceos agrícolas | | |
| Prioridad | Alta | Brechas que responde | B2, B5, B12 |
| Desarrollo temporal | Medio plazo | | |
| Explicación | | | |
| <p>La falta de relevo generacional y de nuevas ideas de emprendimiento e innovación son unas de las principales brechas del sector. Para superar esta brecha se propone que se fomente mucho más el emprendimiento en las carreras profesionales ligadas a la agricultura y los desafíos afines a esta (biotecnología, bioquímica, etc.). Para ello se propone generar incentivos para que los egresados puedan emprender con apoyo de un concurso que les suministre tierra, agua y gastos operacionales y cuenten con un sistema cooperativo de maquinarias</p> | | | |

| E4: Capacitación y formación | | | |
|--|---|-----------------------------|----|
| Línea de acción | 4.5 - Escuelas agrícolas permanentes para agricultores | | |
| Prioridad | Baja | Brechas que responde | B5 |
| Desarrollo temporal | Largo plazo | | |
| Explicación | | | |
| <p>Finalmente, y a largo plazo, se espera que haya la construcción de escuelas agrícolas que permitan la formación continua y el seguimiento de los proyectos para los agricultores.</p> | | | |

| E5: Comercialización y marketing | | | |
|--|---|-----------------------------|------------------------|
| Línea de acción | 5.1 - Conectar agricultores al mercado, solucionando requerimientos sanitarios | | |
| Prioridad | Muy alta | Brechas que responde | B9, B10, B13, B15, B19 |
| Desarrollo temporal | Corto plazo | | |
| Explicación | | | |
| <p>La baja formalización de la agricultura y la falta de requerimientos sanitarios provocan dificultades para conectar a los agricultores al mercado. Para solucionar esto, se proponen proyectos encaminados a la formalización de los agricultores, la capacitación para la consecución de los requerimientos sanitarios y a la capacitación en materia de gestión y comercialización.</p> | | | |

| E5: Comercialización y marketing | | | |
|--|---|-----------------------------|----------|
| Línea de acción | 5.2 - Consecución de sellos distintivos | | |
| Prioridad | Alta | Brechas que responde | B10, B12 |
| Desarrollo temporal | Corto plazo | | |
| Explicación | | | |
| <p>Una de las oportunidades de la agricultura del desierto su capacidad para vender en un segmento Gourmet. Para ello, es importante contar con sellos distintivos como la denominación de origen, la Indicación Geográfica, los sellos orgánicos con las etiquetas bajo la marca “producto del desierto”. Desde el laboratorio se comentarán las actividades que vayan ligadas a la consecución de estos distintivos.</p> | | | |

| E5: Comercialización y marketing | | | |
|---|--|-----------------------------|---------------|
| Línea de acción | 5.3 - Vigilancia comercial y búsqueda de nuevos mercados | | |
| Prioridad | Media | Brechas que responde | B10, B12, B19 |
| Desarrollo temporal | Corto plazo | | |
| Explicación | | | |
| <p>Se trata de una labor vigilancia de nuevos mercados a los que poder vender los productos, agrícolas, industriales o tecnológicos, que se producen o tienen potencial para producirse en la macrozona norte, así como adquirir conocimiento sobre el consumo de alimentos en diferentes lugares para poder adecuar la oferta agrícola de los agricultores del desierto.</p> | | | |

| E5: Comercialización y marketing | | | |
|---|--------------------------------------|-----------------------------|----------|
| Línea de acción | 5.4 - Acciones comerciales conjuntas | | |
| Prioridad | Baja | Brechas que responde | B10, B19 |
| Desarrollo temporal | Medio plazo | | |
| Explicación | | | |
| <p>A medio plazo se espera que los agricultores hayan solucionado sus problemas y puedan comercializar los productos. Sin embargo, al tratarse por lo general de un sector atomizado realizar acciones comerciales conjuntas sería la única forma de poder llegar a mercados lejanos.</p> | | | |

| E5: Comercialización y marketing | | | |
|---|---|-----------------------------|--------------|
| Línea de acción | 5.5 - Centros de procesamiento primario | | |
| Prioridad | Media | Brechas que responde | B9, B13, B17 |
| Desarrollo temporal | Medio plazo | | |
| Explicación | | | |
| <p>Hay galpones en los que se está transformando el producto hacia cuarta y quinta gama. Sin embargo, se trata de inversiones muy altas que pocos agricultores están dispuestos a hacer de forma individual. Para solucionar esto, se propone la construcción de centros de procesamiento primario comunitarios que puedan ser utilizados por varios agricultores reduciendo de esta forma los costes y permitiendo que transformen el producto en otros de mayor valor añadido que puedan vender mejorando sus rendimientos.</p> | | | |

| E5: Comercialización y marketing | | | |
|---|--|-----------------------------|-----|
| Línea de acción | 5.6 - Desarrollo de productos sostenibles | | |
| Prioridad | Media | Brechas que responde | B10 |
| Desarrollo temporal | Medio plazo | | |
| Explicación | | | |
| <p>El mercado mundial se dirige hacia la sostenibilidad y el respeto por el medio ambiente. Esto es importante tenerlo en cuenta a la hora de la producción agrícola en el desierto. Esta línea de acción está muy relacionada con el de la consecución de sellos orgánicos y la utilización de fertilizantes y pesticidas “bio”, además de desarrollar procesos de fabricación sostenibles que tengan en cuenta las especificidades extremas del desierto.</p> | | | |

| E5: Comercialización y marketing | | | |
|---|---|-----------------------------|---------------|
| Línea de acción | 5.7 - Integrar el conocimiento ancestral en la oferta agrícola | | |
| Prioridad | Alta | Brechas que responde | B10, B12, B17 |
| Desarrollo temporal | Medio plazo | | |
| Explicación | | | |
| <p>La cultura es una parte fundamental en el desarrollo agrícola. Por este motivo, es necesario que esta cultura y este conocimiento ancestral se trasladen aumentando el valor añadido de la oferta agrícola para que los agricultores más tradicionales y sus familias puedan mejorar su calidad de vida.</p> | | | |

| E5: Comercialización y marketing | | | |
|---|---|-----------------------------|-----|
| Línea de acción | 5.8 - Programas de desarrollo nacional del turismo y gastronomía local | | |
| Prioridad | Media | Brechas que responde | B12 |
| Desarrollo temporal | Largo plazo | | |
| Explicación | | | |
| <p>A muy largo plazo se espera desarrollar programas de turismo que incluyan opciones que favorezca la agricultura, como el turismo de experiencia o la promoción de la gastronomía local. También mediante el aprovechamiento de industrias activas en el territorio como el turismo astronómico, el turismo de desierto, etc.</p> | | | |

| E6: Investigación, desarrollo, innovación y transferencia tecnológica | | | |
|--|---|-----------------------------|------------------|
| Línea de acción | 6.1 - Consorcio Tecnológico de Agricultura de Zonas Áridas | | |
| Prioridad | Alta | Brechas que responde | B6, B8, B16, B17 |
| Desarrollo temporal | Corto plazo | | |
| Explicación | | | |
| <p>La construcción de un Observatorio para la agricultura del desierto es fundamental para agrupar todas las investigaciones, las innovaciones y los desarrollos tecnológicos que se estén produciendo, tanto en materia agrícola como en otras materias que interfieren en el desarrollo del rubro. En este grupo se juntarían agricultores, academia y otros centros de investigación para lograr una difusión y divulgación eficiente de la ciencia, la tecnología y la innovación desarrollados.</p> | | | |

| E6: Investigación, desarrollo, innovación y transferencia tecnológica | | | |
|--|-------------------------------------|-----------------------------|-----|
| Línea de acción | 6.2 - Vigilancia tecnológica | | |
| Prioridad | Alta | Brechas que responde | B10 |
| Desarrollo temporal | Corto plazo | | |
| Explicación | | | |
| <p>La Vigilancia tecnológica pretende ser un proceso organizado, selectivo y permanente, de captar información vinculada al desarrollo de la agricultura en zonas áridas que se haya realizado en todo el mundo, vinculado a la ciencia y tecnología, seleccionarla, analizarla, difundirla y comunicarla, para convertirla en conocimiento para la toma de decisiones y para trasladarlo a la masa productiva. Es importante no vigilar únicamente los avances relacionados con el sector agro, sino avances en otros sectores y como se podrían aprovechar para mejorar la agricultura del desierto.</p> | | | |

| E6: Investigación, desarrollo, innovación y transferencia tecnológica | | | |
|--|--|-----------------------------|---------|
| Línea de acción | 6.3 - Explorar nuevas fuentes de obtención de recursos hídricos | | |
| Prioridad | Muy alta | Brechas que responde | B7, B17 |
| Desarrollo temporal | Corto plazo | | |
| Explicación | | | |
| <p>Otro de los aspectos fundamentales es el de explorar nuevas fuentes de obtención de recursos hídricos, pues esto es fundamental para la agricultura en zonas áridas. Algunos de los proyectos que se realizan en la actualidad ya van dirigidos a este objetivo, como son las investigaciones para el uso de aguas grises, los procesos de osmosis inversa o los atrapanieblas.</p> | | | |

| E6: Investigación, desarrollo, innovación y transferencia tecnológica | | | |
|---|---|-----------------------------|-----|
| Línea de acción | 6.4 - Instituciones de investigación que den soporte a nuevas producciones y tecnologías productivas | | |
| Prioridad | Alta | Brechas que responde | B17 |
| Desarrollo temporal | Medio plazo | | |
| Explicación | | | |
| <p>Se trata de generar un entorno donde los actores se coordinen de forma natural para fomentar procesos innovadores, generando riqueza en la región y desarrollando la agricultura de forma natural. Las instituciones de investigación permitirán concentrar capital humano de alto valor añadido y traspasar ese conocimiento hacia el sistema productivo.</p> | | | |

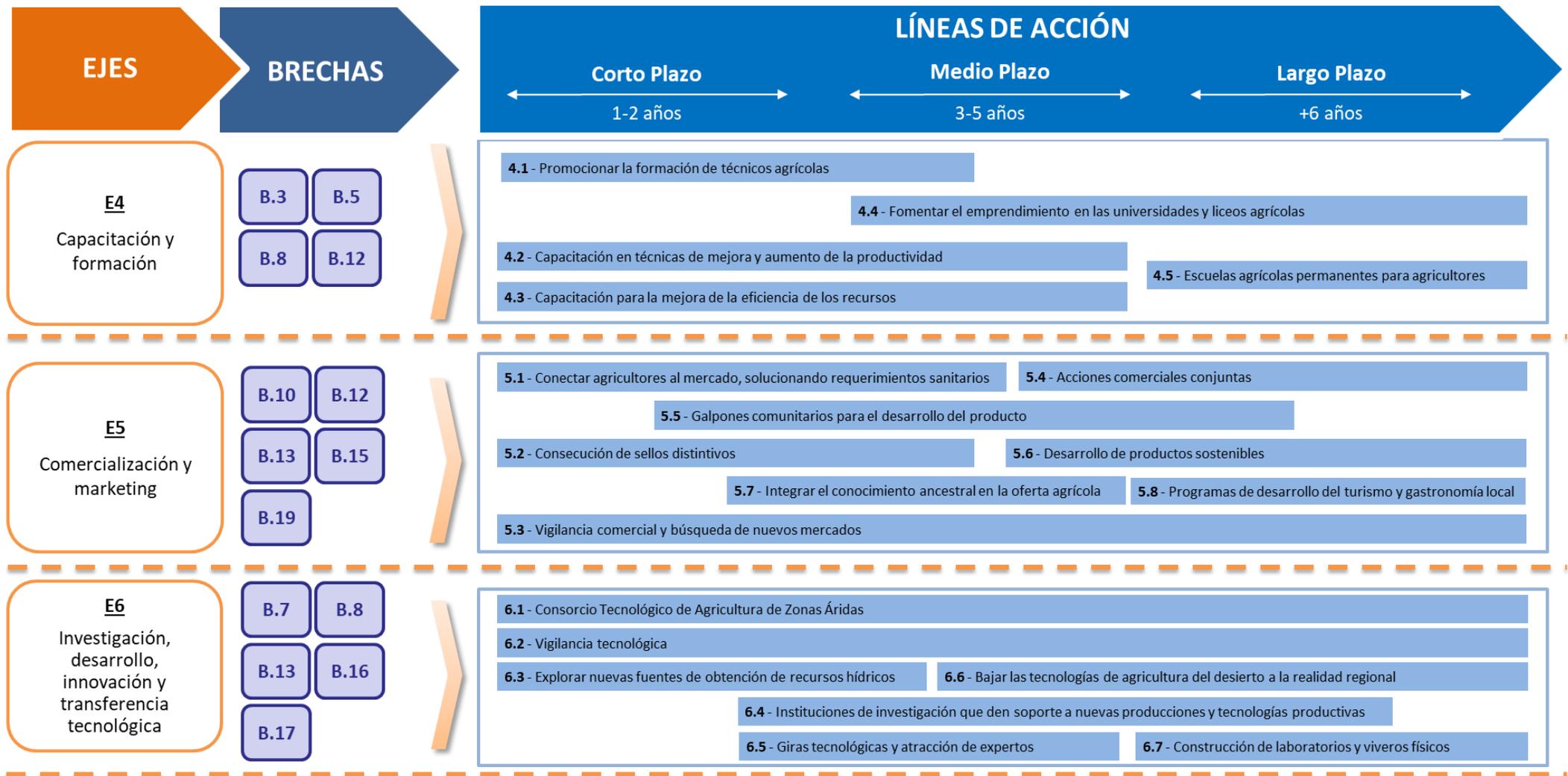
| E6: Investigación, desarrollo, innovación y transferencia tecnológica | | | |
|--|---|-----------------------------|---------------|
| Línea de acción | 6.5 - Giras tecnológicas y atracción de expertos | | |
| Prioridad | Media | Brechas que responde | B16, B17, B19 |
| Desarrollo temporal | Medio plazo | | |
| Explicación | | | |
| Las giras tecnológicas o la atracción de expertos en agricultura del desierto de otras zonas, permitirá a los actores locales establecer vínculos y conocer avances y experiencias desarrolladas en otras zonas, estimulando la adopción tecnológica, la innovación y la especialización | | | |

| E6: Investigación, desarrollo, innovación y transferencia tecnológica | | | |
|---|---|-----------------------------|-----|
| Línea de acción | 6.6 - Bajar las tecnologías de agricultura del desierto a la realidad regional | | |
| Prioridad | Muy alta | Brechas que responde | B16 |
| Desarrollo temporal | Medio plazo | | |
| Explicación | | | |
| Es muy importante que haya grupos de trabajo dedicados a la transferencia tecnológica hacia los agricultores locales. En la actualidad, hay muchos avances tecnológicos y científicos pero que no son rentables para el agricultor o que no se adaptan a la realidad de sus cultivos. Conseguir superar esta brecha será una de las claves para lograr la visión 2030. Propiciar convenios entre las fuentes generadoras de Tecnología (Institutos, Centros, Universidades) con entes que transfiere, como INDAP, Prodesal, etc | | | |

| E6: Investigación, desarrollo, innovación y transferencia tecnológica | | | |
|--|---|-----------------------------|-----|
| Línea de acción | 6.7 - Construcción de laboratorios y viveros físicos | | |
| Prioridad | Baja | Brechas que responde | B17 |
| Desarrollo temporal | Largo plazo | | |
| Explicación | | | |
| A largo plazo se espera la construcción de lugares físicos que permitan el avance de la I+D+I de la agricultura del desierto. En este aspecto, estos laboratorios y viveros servirían para tener una colección de microflora y microfauna característico del Desierto de Atacama. En muchos casos, será fundamental construir convenios de colaboración con las entidades regionales que desarrollan la investigación, para, de esta forma, aunar fuerzas. | | | |

A continuación, se reflejan estas actuaciones de forma gráfica:





II.8/ PROYECTOS

Para bajar a la realidad regional las líneas de actuación, se ha establecido el desarrollo de 6 proyectos para su realización en el corto y medio plazo,

Estos proyectos tienen como objetivo dar continuidad a esta iniciativa del Laboratorio Natural para la Agricultura en el Desierto, para que no haya un parón que desincentive la alta involucración demostrada por los actores que representan al rubro durante la elaboración de la Hoja de Ruta.

Esta propuesta está compuesta por una combinación de proyectos: proyectos en marcha que ya cuentan con financiación; proyectos propuestos por esta iniciativa, y; proyectos que están detenidos por la situación vivida por Chile en el último año y que se considera importante retomar para avanzar con la agricultura del desierto.

En concreto, estos proyectos son:

- Invernaderos en la Hidroponía de Altos La Portada (Antofagasta)
- Hidroponía en la Pampa de Tamarugal (Tarapacá)
- Promoción de las escuelas para la formación de técnicos agrícolas (ambas regiones)
- Construcción del Centro CIADES (Tarapacá)
- Exploración de nuevos cultivos (Tarapacá y Macrozona Norte)
- Consorcio Tecnológico de Agricultura de Zonas Áridas (Macrozona Norte)

| Invernaderos en la Hidroponía de Altos La Portada | |
|--|--|
| Eje estratégico | Productividad y tecnificación agrícola |
| Línea de acción | 3.1- Fomentar la agricultura de precisión y bajo ambiente controlado |
| Región | Antofagasta |
| Comuna | Altos La Portada |
| Brechas que responde | B3, B11, B12, B13, B16, B17 |
| Desarrollo temporal | 2021 |
| Financiamiento conseguido | 1.200 millones adicionales |
| Desarrollo del proyecto | |
| <p>La agricultura hidropónica de Altos La Portada se ha convertido en un ejemplo de agricultura en zonas áridas para la macrozona norte de Chile, avanzando en aspectos clave como la asociatividad, el encadenamiento productivo o la comercialización. Desde 2011 disponen de 100 hectáreas donde practican hidroponía para el cultivo, principalmente, de verduras y hortalizas.</p> <p>Sin embargo, la producción, según la propia Agrupación Gremial de Agricultura Altos de La Portada (Asgralpa), se encuentra a un 30% de su potencial como consecuencia de la utilización de sombreaderos heterogéneos, en lugar de invernaderos uniformes.</p> <p>Por lo tanto, mediante el presente proyecto se busca provechar la experiencia acumulada para la introducción de forma generalizada de un modelo de invernadero único y automatizado. Ello permitiría incrementar la productividad y lograr una mejor eficiencia de los recursos, lo cual también facilitaría las labores de encadenamiento productivo y comercialización y crearía mayores sinergias entre los productores.</p> | |
| Avances logrados | |
| <p>En la actualidad, la agricultura de hidroponía de Altos La Portada ha ido creciendo desde el comienzo de esta actividad en el año 2006. En parte, este camino ha ido desarrollándose a través de prueba y error, y en este camino se han generado muchos conocimientos que pueden ser extrapolables a otros cultivos hidropónicos de la Macrozona Norte. Por este motivo, el siguiente paso que desde Asgralpa consideran necesario para seguir mejorando la productividad y eficiencia de los recursos es la incorporación de invernaderos uniformes y automatizados.</p> <p>En este sentido, se considera que continuar avanzando con este caso de buenas prácticas permitirá conocer las posibilidades y la potencialidad de la hidroponía en las zonas áridas, y, en su caso, extrapolar estos proyectos a otras zonas.</p> <p>Para ello, Asgralpa considera que necesita una financiación de en torno a 1.200 millones de pesos chilenos para poder construir estos invernaderos en las 100 hectáreas que ocupa en la actualidad.</p> | |

| Hidroponía en la Pampa de Tamarugal | |
|--|--|
| Eje estratégico | Productividad y tecnificación agrícola |
| Línea de acción | 3.1- Fomentar la agricultura de precisión y bajo ambiente controlado |
| Región | Tarapacá |
| Comuna | Pica, Huara, Pozo Almonte |
| Brechas que responde | B2, B3, B4, B11, B12, B13, B16 |
| Desarrollo temporal | 2021 |
| Financiamiento conseguido | \$ 400.000.000 - 10 invernaderos hidropónicos - Conadi \$ 700.000.000 - 12 invernaderos hidropónicos - CNR-Gore |
| Desarrollo del proyecto | |
| <p>Uno de los principales retos de Tarapacá es poder mejorar la eficiencia de los recursos en la agricultura y, a su vez, aumentar la productividad hortofrutícola. La hidroponía es, hasta el momento, el camino que mejores resultados ha dado para superar estos retos. Por este motivo, una de las principales líneas de actuación que se proponen es la construcción de invernaderos hidropónicos que vayan permitiendo a la agricultura de la región aumentar su productividad y adquirir un mayor grado de tecnología e innovación. Para ello además se pueden aprovechar de la experiencia desarrollada en este tema en Altos de la Portada. De esta forma se conseguiría además irse acercando a una masa crítica que facilite el generar identidad de marca como agricultura del desierto en la macrozona norte</p> | |
| Avances logrados | |
| <p>En la actualidad, la Seremía de Agricultura de la región de Tarapacá ya ha logrado la financiación de dos proyectos para la construcción de invernaderos hidropónicos. Una primera ayuda de \$ 400.000.000 por parte de Conadi para la construcción de 10 invernaderos hidropónicos en la Pampa del Tamarugal y otra ayuda de \$ 700.000.000 por parte de la CNR y el Gobierno Regional para la construcción de 12 invernaderos hidropónicos en la provincia del Tamarugal.</p> <p>El objetivo es poder desarrollar de forma exitosa estos proyectos, generando casos de buenas prácticas e involucrando a los actores para poder replicar estos proyectos en otras zonas ampliando así la superficie dedicada.</p> | |

| Promoción de las escuelas para la formación de técnicos agrícolas | |
|--|--|
| Eje estratégico | Capacitación y formación |
| Línea de acción | 4.1 Promocionar la formación de técnicos agrícolas |
| Región | Antofagasta y Tarapacá |
| Comuna | El Loa, Pica y Colchane |
| Brechas que responde | B2, B3, B5 |
| Desarrollo temporal | 2021 |
| Financiamiento conseguido | - |
| Desarrollo del proyecto | |
| <p>Una de las brechas identificadas para ambas regiones es la dificultad de encontrar profesionales cualificados especialistas en agricultura del desierto y zonas áridas. Por otra parte, las brechas como la falta de relevo generacional y la falta de atractivo del sector juegan en contra de los liceos para atraer jóvenes a su formación de técnicos agrícolas. Para resolver este problema en el medio y largo plazo es necesario comenzar a ejecutar acciones en el corto plazo. Por este motivo, el presente proyecto pretende la promoción de técnicos agrícolas en los liceos de ambas regiones, que son: Liceo Agropecuario Likán Antai (El Loa), Liceo Padre Alberto Hurtado Cruchaga (Pica) y Liceo Técnico Profesional Colchane (Colchane).</p> <p>Entre las acciones de promoción, se proponen las siguientes: carteles informativos, anuncios en prensa y tv local, anuncios en redes sociales, promoción en colegios, becas de estudios, becas para emprendimiento postgrado, etc.</p> | |
| Avances logrados | |
| <p>En los últimos años, el número de alumnos formados como técnicos agrícolas ha aumentado ligeramente en ambas regiones. Sin embargo, es necesario promocionar mucho más estas profesiones si se persigue el objetivo de aumentar el peso en este rubro a futuro. Los esfuerzos regionales por desarrollar el sector, unido a la importancia de conceptos como la sostenibilidad, la seguridad o la soberanía alimenticias favorecen el crecimiento y crean oportunidades para desarrollarse profesionalmente en el mismo.</p> | |

| Construcción del Centro CIADES | |
|---|---|
| Eje estratégico | Coordinación, asociatividad y relaciones institucionales |
| Línea de acción | 1.1 - Establecer un marco de colaboración mediante mesas de trabajo y promoviendo la asociatividad entre agricultores 1.2 - Coordinar las entidades para evitar duplicidades |
| Región | Tarapacá |
| Comuna | Iquique |
| Brechas que responde | B1, B3, B6, B8 |
| Desarrollo temporal | 2021 - 2022 |
| Financiamiento conseguido | \$ 80.000.000 - Diseño del Centro - GORE \$ 900.000.000 - Construcción del Centro - Zonas Rezagadas |
| Desarrollo del proyecto | |
| <p>El Centro Integral para la Agricultura del Desierto, CIADES, persigue ser el punto de coordinación y asociativa para el desarrollo del laboratorio agrícola del desierto en las regiones de Tarapacá y Antofagasta. A partir de este, se espera poder dar respuesta a las brechas, retos y oportunidades identificados en la Hoja de Ruta e ir coordinando las líneas de actuación y los proyectos.</p> <p>A partir de este centro se espera involucrar y coordinar a todas las entidades relacionadas de la región para aumentar la producción agrícola en la región, mejorar la calidad de vida y las condiciones de los agricultores, desarrollar y adaptar tecnologías, innovaciones y conocimientos vinculados a la agricultura en zonas áridas.</p> | |
| Avances logrados | |
| <p>En la actualidad, se ha conseguido financiación para el diseño de la construcción del centro (estudio de suelos, arquitectura, autorizaciones, luz, agua, alcantarillado, etc.) cuya cantidad se eleva hasta los \$ 80.000.000 por parte del GORE, así como un total de \$ 900.000.000 para la construcción del Centro a través del programa de Zonas Rezagadas.</p> | |

| Exploración de nuevos cultivos | |
|--|---|
| Eje estratégico | Productividad y tecnificación agrícola Investigación, desarrollo, innovación y transferencia tecnológica |
| Línea de acción | 3.6 - Estudiar nuevos cultivos de agricultura en el desierto 6.6 - Fomentar el ecosistema de innovación agrícola |
| Región | Desierto de Atacama |
| Comuna | - |
| Brechas que responde | B3, B6, B12, B17 |
| Desarrollo temporal | 2021-2023 |
| Financiamiento conseguido | \$ 334.576.000 - Producción de dátiles en el norte grande - FIA \$ 148.000.000 - Proyecto Azafrán En Huara - FIA |
| Desarrollo del proyecto | |
| <p>En la línea de investigación e innovación, es fundamental la exploración de nuevos cultivos y su adaptación climática a las distintas zonas del desierto de Atacama. Esto, en el medio y largo plazo, influye directamente en la productividad agrícola al poder introducir nuevos cultivos con un valor agregado.</p> <p>Por este motivo, muchas de los proyectos deben enfocarse en este camino, pues ayuda a superar muchas de las brechas identificadas, siguiendo el camino de las líneas de actuación “3.6 - Estudiar nuevos cultivos de agricultura en el desierto” y “6.6 - Fomentar el ecosistema de innovación agrícola”.</p> | |
| Avances logrados | |
| <p>La FIA ha aprobado dos proyectos relacionados con la exploración de nuevos cultivos y su producción. En primer lugar, la producción de dátiles en el norte grande, para lo cual ha asignado una financiación de \$ 334.576.000. El segundo proyecto es para el desarrollo del cultivo de Azafrán en la comuna de Huara, para lo cual el monto asignado asciende a \$ 148.000.000.</p> <p>Se trata que a partir de esta experiencia se amplíe la superficie dedicada a estas especies al tiempo que se sigue indagando sobre otras nuevas que permitan aumentar la diversidad de productos y la generación de valor a partir de la agricultura del desierto</p> | |

| Consorcio Tecnológico de Agricultura de Zonas Áridas | |
|--|--|
| Eje estratégico | Investigación, desarrollo, innovación y transferencia tecnológica |
| Línea de acción | 6.1 - Observatorio para la agricultura del desierto 6.2 - Explorar nuevas fuentes de obtención de recursos hídricos 6.3 - Vigilancia tecnológica |
| Región | Macrozona Norte |
| Comuna | - |
| Brechas que responde | B1, B4, B7, B9, B13, B14 |
| Desarrollo temporal | 2021-2027 |
| Financiamiento conseguido | Antes de la crisis sanitaria actual, CORFO había aprobado financiar hasta del 70% del costo total del Programa, con tope de hasta \$3.000.000.000. Ahora están pendientes de la aprobación presupuestaria. |
| Desarrollo del proyecto | |
| <p>Para abordar distintos desafíos de desarrollo tecnológico asociados a sectores y recursos estratégicos, CORFO dispone del instrumento Consorcios Tecnológicos Estratégicos (CTE), cuyo objetivo es incrementar la tasa de innovación tecnológica en procesos, productos y servicios.</p> <p>En este sentido, el Consorcio Tecnológico de Agricultura de Zonas Áridas pretende el desarrollo de nuevas tecnologías para el territorio árido y desértico de la Macrozona Norte, aprovechando el concepto de “laboratorio natural” desarrollado en la Hoja de Ruta. Para ello, desde el Consorcio se abordarán las principales brechas tecnológicas como son: la obtención del recurso hídrico, la introducción de nuevas variedades, las estructuras habilitantes (energía solar, plantas transformadoras, etc.), la mejora de suelos y sustratos y la generación de estructuras asociativas empresariales territoriales vinculadas al desarrollo de la agricultura en zonas áridas.</p> | |
| Avances logrados | |
| <p>En la actualidad se ha desarrollado la guía técnica para la puesta en marcha del “Consorcio tecnológico para el desarrollo de la agricultura en zonas áridas” por parte de CORFO. Antes de la crisis sanitaria actual, CORFO había aprobado financiar un subsidio de hasta del 70% del costo total del Programa, con tope de hasta \$3.000.000.000. Ahora están pendientes de una futura aprobación presupuestaria.</p> <p>El plazo de duración del programa podrá ser de hasta 6 años, prorrogables por otros 3 años.</p> <p>En la actualidad, y tras los reajustes originados por la pandemia, no hay todavía ningún compromiso formal con los posibles socios sobre aportaciones y calendario. Precisamente una de las funciones del equipo que se responsabilizará de la puesta en marcha de la hoja de ruta, es apoyar la actualización de los compromisos relacionados con este proyecto.</p> | |

II.9/ PLAN DE SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN

El plan de seguimiento y evaluación consiste en validar las diferentes actuaciones que el laboratorio natural para la agricultura del desierto irá desarrollando. Este plan de seguimiento y evaluación permitirá controlar y evaluar si se van cumpliendo cada uno de los objetivos establecidos y si se alcanzan los indicadores.

Por lo tanto, los objetivos de este Plan de Seguimiento y evaluación serán:

- Promover una cultura de seguimiento orientada al logro de los objetivos
- Evaluar el cumplimiento de las líneas de acción
- Proponer acciones de ajuste y mejora para garantizar el cumplimiento de los objetivos estratégicos
- Valorar el impacto que han producido las acciones estratégicas desarrolladas en la agricultura del desierto

Para realizar este plan, el laboratorio deberá fijarse en dos tipos de indicadores:

- **Indicadores de impacto:** tienen como objetivo determinar de manera general si las actuaciones desarrolladas en el laboratorio del desierto han tenido un impacto positivo en los principales indicadores de la región.
- **Indicadores de resultado:** son los que permiten obtener datos para analizar el cumplimiento de las líneas de acción del laboratorio y su impacto específico, de tal forma que permitan retroalimentar la gestión e identificar, planificar y gestionar otras acciones.

9.1/ Indicadores de impacto

Aunque la falta de datos más específicos sobre la situación real de la agricultura del desierto dificulta poder establecer unos indicadores claros, a continuación se presenta una primera propuesta sobre algunos de los

indicadores que pueden indicar si se están cumpliendo los objetivos establecidos. Estos son:

| Indicadores de impacto | Situación Actual | Meta 2030 |
|--|--|--|
| Empleos en el sector¹ | ≈3,9% (Media anual aproximada entre ambas regiones) | 6% (Estabilizar y formalizar los empleos) |
| Peso de la Agricultura en el PIB regional | < 3% | > 5% |
| Superficie regional dedicada a la agricultura (excluyendo silvicultura)² | ≈4.454 ha | 6.000 ha |
| Alumnos formados como técnicos³ | ≈35 alumnos anuales | >50 alumnos anuales |
| Número de plantas desalinizadoras con una parte destinada al uso agrícola⁴ | 1 | 4 |
| % de mecanización del riego⁵ | 52,6% | >80% |
| Número de hectáreas de cultivos hidropónicos⁶ | ≈120 hectáreas | 1.000 hectáreas |
| Número de sellos identificativos⁷ | 2 | 6 |
| MW de Energía Renovable producida⁸ | 1.007 MW | 3.000 MW |

Fuente; Elaboración propia a partir de

- 1: Media para las dos regiones, entre la media de los dos últimos trimestres
- 2: Datos del VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal; Odepa - INE, 2007
- 3: Información obtenida a partir de las entrevistas, entre los liceos contactados.
- 4: Consejo Políticas de Infraestructuras (CPI) a fines de 2019
- 5: Catastro Frutícola. Región de Tarapacá. Ciren, Julio 2019
- 6: 100 ha de Altos La Portada, y otros 20 de otros cultivos más pequeños
- 7: Limón de Pica IGP. Quinua, sello orgánico.
- 8: Asociación Gremial de Generadoras de Chile

Además de estos, se proponen otros indicadores que, aunque hoy en día no puedan ser cuantificados, deberán tenerse en cuenta de cara al futuro, tanto como para la consecución de los mismos como para fijar valores objetivos de cara al año 2030. Algunos de estos son:

- **Productividad total en ambas regiones**
- **Productividad por hectárea**
- **Número de empresas agrícolas**
- **Número de empresas proveedoras de servicios**
- **Número de ingenieros agrónomos**

9.2/ Indicadores de resultado

A continuación, se hace una breve recopilación de posibles indicadores de resultados. Es importante que una vez puesto en marcha el laboratorio se reconsideren estos indicadores y se vayan actualizando y fijando metas en función del presupuesto y el tamaño

| INDICADORES DE RESULTADO | |
|--|--|
| E1 - Coordinación, asociatividad y relaciones institucionales | |
| 1 | Número de socios del laboratorio |
| 2 | Número de mesas de trabajo organizadas |
| 3 | Número de proyectos realizados en asociatividad en el marco del laboratorio |
| 4 | Número de reuniones de coordinación realizadas |
| E2 - Infraestructuras habilitantes | |
| 1 | Acuerdos para la mejora de infraestructuras agrícolas |
| 2 | Número de MW instalados en el marco de proyectos del laboratorio |
| 3 | Número de estanques de almacenamiento |
| 4 | Monto invertido en infraestructuras para el desarrollo agrícola en el marco del laboratorio |
| E3 - Productividad y tecnificación agrícola | |
| 1 | Número de emprendimientos lanzados |
| 2 | Hectáreas de agricultura de precisión y bajo ambiente controlado en el marco del laboratorio |
| 3 | Casos de buenas prácticas recopilados |
| 4 | Aumento de proveedores agrícolas |
| 5 | Hectáreas con riego tecnificado en el marco del laboratorio |
| 6 | Número de empresas agrícolas creadas |
| 7 | Contratación de trabajadores |
| E4 - Capacitación y formación | |
| 1 | Número de cursos formativos realizados |
| 2 | Número de alumnos en los cursos formativos |
| 3 | Actividades de promoción para técnicos agrícolas e ingenieros agrónomos |
| E5 - Comercialización y marketing | |
| 1 | Número de sellos distintivos adquiridos en el marco del laboratorio |
| 2 | Número de galpones comunitarios para la transformación de productos |
| 3 | Número de ofertas turísticas y/o gastronómicas que impliquen zonas de desarrollo agrícola |

| INDICADORES DE RESULTADO | |
|---|--|
| 4 | Kg de productos exportados |
| E6 - Investigación, desarrollo, innovación y transferencia tecnológica | |
| 1 | Número de proyectos de investigación asociativos en el marco del laboratorio |
| 2 | Número de giras tecnológicas realizadas |
| 3 | Monto invertido en I+D+I para el sector en el marco del laboratorio |
| 4 | Número de expertos atraídos a las regiones |

II.10/ GOBERNANZA

El término gobernanza hace referencia, en términos generales, a *“las muchas formas en las que individuos e instituciones interactúan en un proceso a través del cual se da cabida a intereses y se llevan a cabo acciones de colaboración formales e informales”*, presentando una óptica doble: el sistema, entendiendo este como el conjunto de agentes e instituciones que lo forman, así como sus relaciones; y el proceso, entendiendo este como la estrategia que representa al sistema.

La buena gobernanza es un elemento clave en la implantación y en la consecución de los objetivos del laboratorio natural para la agricultura del desierto. Para ello, es necesario coordinar a muchos actores: instituciones públicas, agentes generadores de conocimiento, empresas, asociaciones y cooperativas de agricultores y, sobre todo, muchos pequeños agricultores y familias campesinas.

Por otra parte, la gobernanza del laboratorio natural para la agricultura del desierto ha de tener en cuenta la evolución del mismo, para poder ir comprobando la consecución de los objetivos establecidos, para lo cual deberán tener en todo momento presente el Plan de seguimiento y evaluación considerado en el epígrafe anterior.

Para establecer la gobernanza se propone que esta esté formada por dos grupos:

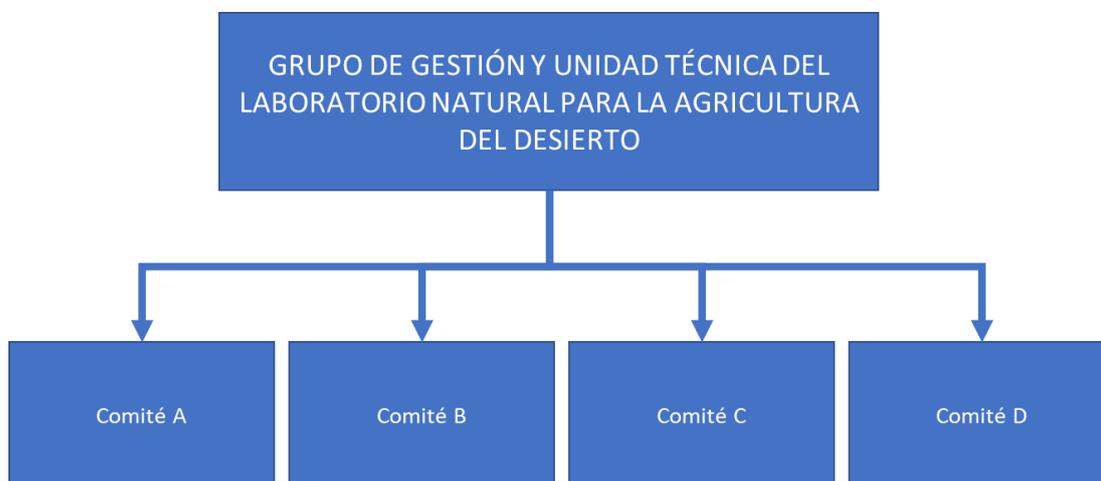
- **Grupo de gestión:** Serán los encargados de la toma de decisiones con respecto al laboratorio natural para la agricultura en el desierto. Se propone que este grupo este formado por el Minagri, FIA, CORFO y los GOREs. Entre sus acciones también estará la búsqueda de financiación para la ejecución de las acciones, buscado inversores, entrando en concursos públicos, a través de apoyo crediticio, etc. El grupo de gestión es clave en la puesta en marcha del laboratorio y en su crecimiento hasta que funcione de forma autónoma. Después, poco a poco deberá ir cediendo competencias hacia el directorio.
- **Unidad técnica:** Serán las personas que se encargarán de llevar las labores diarias del laboratorio. Su dedicación será completa y entre sus tareas estará la gestión de laboratorio, la gestión de los proyectos, la

representación ante instituciones, la elección de personal para la realización de los proyectos, la convocatoria de las mesas de trabajo, etc. En un principio se propone que este grupo este formado por 2 personas, aunque el tamaño del mismo se irá adecuado en función de los proyectos que se gestionen.

- **Directorio:** Estará formado por las personas y entidades del ecosistema de la agricultura del desierto. Ellos serán los indicados de guiar las acciones del laboratorio en función de las necesidades de la agricultura. Se propone que el directorio esté conformado por 11 personas, (2 empresas, 2 asociaciones agricultores, 2 instituciones públicas, 2 entidades de apoyo, 2 academia regional, 1 liceo) y cuyo puesto sea rotativo cada 2 años.
- **Socios:** se invitará a que todos los actores del propio laboratorio del desierto sean socios partícipes del mismo. Ellos tomarán parte de las mesas de trabajo, formarán parte de los proyectos que se desarrollen en el laboratorio y podrán votar y ser representantes de su estamento en el directorio.

Hay que tener en cuenta que cuando el laboratorio del desierto avance en su despliegue a otras regiones, esta organización deberá adaptarse para que haya una representatividad equitativa de todas las regiones.

Por otra parte, para dirigir el trabajo realizado a través de los proyectos que se vayan desarrollando, se propone establecer grupos de trabajo y coordinar todas las acciones relacionadas a partir de comités, tal y como se muestra en el siguiente gráfico:



III. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

III.1/ CONCLUSIONES

En la elaboración de la Hoja de Ruta para el Laboratorio Natural para la Agricultura en el Desierto de la Macrozona Norte se ha desarrollado una metodología participativa que ha permitido extraer una serie de conclusiones sobre como afrontar el desarrollo futuro de la agricultura en esta zona. Entre las conclusiones extraídas destacan:

- Hay un fuerte interés por parte de los actores del rubro en todo lo relativo con la mejora y desarrollo del mismo. Ejemplo de ello ha sido la alta participación y disponibilidad para colaborar con el trabajo de campo realizado por INFYDE para la elaboración de la Hoja de Ruta.
- Hay una visión bastante clara sobre cuales son los principales limitantes de la agricultura en Tarapacá y Antofagasta: falta de colaboración, ausencia de relevo generacional, falta de inversiones, escasez hídrica, etc.
- Durante los últimos años se han experimentado avances importantes en el desarrollo de la agricultura en zonas áridas. Estos avances se han trasladado a las regiones de Tarapacá y Antofagasta, aunque en casos aislados, principalmente en la zona Costera de Antofagasta y en la Pampa del Tamarugal.
- La parte mayoritaria de la agricultores en la Macrozona Norte desarrolla agricultura familiar campesina a través de métodos tradicionales. Esta metodología está lejos de ser eficiente en cuanto a su producción, por lo que tendrá que poner en valor sus particularidades, sus manejos tradicionales y el arraigo tradicional.
- Con las situaciones vividas e 2019 y 2020, la administración pública se ha mentalizado de la importancia que tienen aspectos como la seguridad y la soberanía alimentaria. Esto favorecerá la inversión para el desarrollo productivo, tecnológico y científico de la agricultura.
- La Hoja de Ruta ha abierto una oportunidad para superar las brechas y potenciar el laboratorio natural que supone la Macrozona Norte para la agricultura. Es importante que haya una continuidad en el tiempo, y que se involucren los actores privados del rubro.

III.2/ RECOMENDACIONES

Antes de finalizar, se establecen una serie de recomendaciones en base a los resultados, enseñanzas y conclusiones obtenidos en la elaboración de la Hoja de Ruta del presente estudio:

- Es necesario obtener datos cuantitativos más precisos sobre la agricultura en las regiones de la Macrozona Norte, ya que esto permitiría poder adaptar las estrategias y hacer un mejor seguimiento de las mismas.
- Es necesario vincular los proyectos agrícolas que se realicen en estas regiones a los objetivos y ejes estratégicos del Laboratorio. Esto permitirá poder avanzar de forma conjunta para cumplir con la visión 2030.
- Los responsables del laboratorio deberán cumplir con las tareas propuestas, principalmente en lo relacionado con la participación de los actores y su coordinación.
- Es importante respetar la estructura de gobernanza propuesta e ir adaptándola en función de los proyectos que gestione el laboratorio. Asimismo, será fundamental mantener el plan de seguimiento y evaluación propuesto.