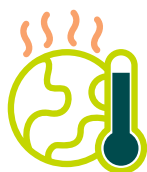




CONSORCIO DEL DESIERTO

IMPULSANDO LA
AGRICULTURA DEL FUTURO



Los desafíos

El cambio climático está impactado fuertemente en Chile, manifestándose en un aumento de las temperaturas medias, en la disminución de las precipitaciones y en el incremento de zonas en proceso de desertificación, principalmente en el centro y norte chico del país. Esta situación está afectando la productividad y sostenibilidad de la agricultura nacional.

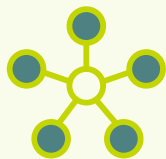
En este contexto, sumado a la creciente demanda de alimentos por parte de la población y la exigencia de nuevos terrenos para cultivos, surge la necesidad de impulsar y fortalecer la agricultura en el norte grande del país, considerando abordar los principales desafíos que enfrentan las zonas áridas, como la disponibilidad del agua, calidad de agua y la salinidad de los suelos.



El Consorcio

El Consorcio del Desierto es una alianza estratégica de empresas e instituciones vinculadas a la agricultura, que nace con el propósito de resolver colaborativamente los desafíos que enfrentan las zonas de áridas del país, específicamente en las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá y Antofagasta; permitiendo así que la agricultura realizada en entornos secos, extremos y remotos, sea sostenible.

Esta alianza la componen la Corporación de Desarrollo Social del Sector Rural (CODESSER), la Universidad Arturo Prat, la Universidad de Católica del Norte, Waki Labs SpA, UC Davis Chile, Fraunhofer Chile Research, y como asociados Ariztía, SQM, Corteva, Cooperativa de Servicios de Agrícolas de Pampa Concordia, Aguas Antofagasta, Rivulis, Ecología en tu Barrio, Bentevo SpA, Rembre, Hidroponía Chile, Eurecat Chile y Ciencia Pura, entre otros actores públicos y privados.



Líneas de acción del Consorcio del Desierto

El Consorcio organiza su portafolio de proyectos en cinco líneas de acción, bajo las cuales se encuentran actualmente siete proyectos en ejecución. A estos, se irán sumando nuevas iniciativas de acuerdo a las necesidades y demandas del sector.



Proyectos en ejecución

PROYECTOS ACTUALES	Recurso hídrico	Diversificación matriz productiva	Suelo y sustrato	Infraestructura habilitante	Estructuras asociativas y ecosistema
Evaluación y empaquetamiento de nuevas fuentes de agua para la agricultura en el desierto					
Calidad de agua para la agricultura en el desierto					
Aguas residuales para agricultura en el desierto					
Paquete tecnológico de nuevos cultivos de alto valor comercial					
Evaluación y empaquetamiento de bioinsumos agroecológicos del territorio alto andino					
El invernadero del desierto					
Sistema de gestión integral de residuos orgánicos y no orgánicos en la agroindustria					



PAQUETE TECNOLÓGICO DE NUEVOS CULTIVOS DE ALTO VALOR COMERCIAL ADAPTADAS A CONDICIONES DESÉRTICAS: PALMA DATILERA



 LÍNEA DE ACCIÓN CONSORCIO DEL DESIERTO: DIVERSIFICACIÓN MATRIZ PRODUCTIVA, SUELO Y SUSTRATO.



El problema

La macrozona norte en general, presenta alta salinidad y alto contenido de boro, tanto en el agua de riego como en el suelo, por lo que las especies vegetales que se pueden desarrollar están limitadas a cultivos resistentes a estos compuestos. Sumado a esto, en muchas zonas los suelos son arenosos, poseen escasa o nula presencia de materia orgánica y poca capacidad de retención de agua, lo que restringe aún más la selección de especies a establecer.

La palma datilera es una de las especies que se puede adaptar a estas condiciones edafoclimáticas, sin embargo, hay que considerar la variedad a establecer, debido a que no todas las variedades que actualmente se cultivan son adecuadas a la suma térmica de esta región. Otra limitante, es que en el país no existen viveros que produzcan palmeras datileras y tampoco laboratorios para su cultivo *in vitro*. Esta última tecnología es el ideal, debido a que permite asegurar el sexo y la variedad deseada, a diferencia de la reproducción por semillas. Además de permitir una mayor precocidad en la entrada en producción.



El proyecto

Busca validar la factibilidad de escalamiento comercial para cultivos que han sido previamente introducidos en el desierto en Chile, como la palma datilera, específicamente se busca identificar la potencialidad y rentabilidad de variedades de palma datilera adaptadas a las condiciones del desierto y con potencial de exportación, tanto a nivel de pequeños, medianos y grandes productores.

Actualmente, se está trabajando con la Agrícola Santa Rosita, ubicada en Pica en la Región de Tarapacá, donde se establecieron 2 ha de la variedad Medjoul producida *in vitro* y traídas desde California; esta zona reúne las condiciones climáticas ideales para producir dátiles de exportación, el desafío es producir

con agua de regular calidad. También participa la Agrícola San Ignacio Spa., ubicada en La Tirana-Pozo Almonte, que cuenta con condiciones de suelo y agua adecuadas para producir dátiles, pero con un ambiente con menores sumas térmicas que Pica.

Para el problema específico de identificar variedades que, actualmente se cultivan en Chile, y que se adapten a la suma térmica de la macrozona norte, se está trabajando con Piscicultura y Agroindustria Chile Ltda., ubicada en la zona costera de Arica, con baja sumatoria térmica, donde se encuentran algunos individuos con alto valor comercial. Poseen una plantación de 3 ha, con más de 15 años de edad, plantas obtenidas por semillas y las que se espera multiplicar *in vitro*.

Principales componentes del proyecto



Piscicultura y agroindustria Chile Ltda. y Agrícola San Ignacio Spa.



Selección de variedades/cultivares potencialmente comerciales



Desarrollo de protocolo de cultivo *in vitro* para variedades con valor comercial



Propagación:

- ↳ Por semillas → sexaje
- ↳ *In vitro*



Evaluaciones: factibilidad técnica-económica y de escalamiento



Capacitaciones a productores para transferir conocimientos y tecnologías

Agrícola Santa Rosita



Piloto de variedad Medjoulé:
Acondicionar el suelo y aportar la fertirrigación adecuada para el establecimiento y crecimiento de las palmas datileras.



Evaluaciones: factibilidad técnica-económica y de escalamiento



Capacitaciones a productores para transferir conocimientos y tecnologías



Contribución del proyecto

El proyecto identificará variedades de palma datilera con alto potencial productivo y comercial, que se adapten a las condiciones agroclimáticas de la macrozona norte.

Desarrollo de tecnologías para el cultivo de palmas datileras en condiciones salinas del desierto.

Desarrollo de un protocolo de producción de palmas *in vitro*, para asegurar la variedad y detectar más rápidamente si las plantas son hembras o machos.

Se apoyará a los productores locales desde un inicio, a través de capacitaciones y acompañamiento en la transferencia de conocimientos.

Contacto jefe de proyecto: José Delatorre, Ingeniero Agrónomo Ph.D. Universidad Arturo Prat | jodelato@unap.cl

Conoce más sobre el Consorcio del Desierto:
consorciodeldesierto.cl

Claudia Monsalve,
Gerenta del Consorcio del Desierto,
ps.claudia.monsalve@codesser.cl



SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS ORGÁNICOS EN LA AGROINDUSTRIA



LÍNEA DE ACCIÓN CONSORCIO DEL DESIERTO: ESTRUCTURAS ASOCIATIVAS Y ECOSISTEMA



Los problemas

Los medianos y pequeños productores de la macrozona norte presentan muchas dificultades en el manejo de los residuos orgánicos agrícolas, debido a que no poseen suficiente capacidad instalada para la disposición de éstos en rellenos sanitarios autorizados. Así mismo, existe una baja conexión entre los generadores y los gestores de residuos regionales, lo que resulta en malas prácticas como la deposición de residuos en los lechos de ríos, en la orilla de carretera o quema ilegal. Lo anterior se traduce en una serie de externalidades negativas para el territorio como la contaminación ambiental, inundaciones en las quebradas e ineficiencia en el uso de recursos.

Otro de los problemas, es que faltan estructuras asociativas empresariales que permitan revalorizar los residuos orgánicos y fomentar la economía circular. Además, se necesita un trabajo coordinado con proveedores de soluciones biodegradables para la agricultura que en parte reduzcan el volumen de generación de residuos, y que desarrollen nuevos productos para la agricultura con el material recuperado. Se suma a ello que, desde el pequeño al mediano agricultor, tienen la necesidad de diseñar e implementar un método de gestión intrapredial de sus residuos, y coordinar con otros agricultores y gestores para facilitar la entrega del material para su adecuada valorización y disposición.



El proyecto

Respondiendo a las dificultades en el manejo de los residuos orgánicos agrícolas y la falta de desarrollo de productos para la agricultura con el material recuperado, el proyecto busca validar un modelo sustentable para la gestión integral de estos residuos, para productores de la Cooperativa de Pampa Concordia en Arica, una asociación conformada por pequeños agricultores cuyos principales cultivos son tomate, pimentón, pepino de ensalada, ají y maíz dulce, en conjunto con la empresa Sanat-Kumara Spa.

Este modelo, que podrá ser replicado en otras localidades del desierto considera las siguientes estrategias:

- **Elaboración del compost:** Diseñar e implementar una planta piloto de compostaje de residuos agrícolas provenientes del desierto, con el objeto de desarrollar un fertilizante orgánico (compost tradicional) estándar comercial bajo la norma chilena de clasificación de compost.

- **Aceleración del proceso de compostaje:** Se aplicarán microorganismos benéficos provistos por la empresa Sanat-Kumara Spa., cuya finalidad es producir bioenzimas locales que permitirán contribuir a la recuperación y conservación del ecosistema asociado a la agricultura del desierto. Con estas bioenzimas se espera lograr la reducción del tiempo del compostaje en un 30%, y además disminuir los costos de mano de obra, energía y uso de agua.
- **Mejora de características del compost:** Tomando como referencia el producto acelerado, se incorporará un consorcio de microorganismos provistos por Sanat-Kumara Spa., con el objeto de elaborar un compost con mejores atributos, tales como acción nematicida (nemátodo del tomate) y acción preventiva (trips del pimentón), validado en condiciones de campo. Lo anterior, permitirá favorecer una mayor diversidad e innovación en la oferta comercial de fertilizantes que se generan de la agricultura de la macrozona norte, relativo a los residuos orgánicos, y en el proceso, no se generarán desechos como producto de este nuevo tratamiento.

Principales componentes del proyecto



Diseño e implementación de la planta piloto de compostaje en Pampa Concordia, Arica.



Evaluaciones del funcionamiento de la planta de compostaje:

- Funcionamiento general
- Elaboración y validación del compost en base al uso de bioenzimas y microorganismos por un ente calificado.



Pruebas de campo del compost, en tomate y pimentón



Capacitación a los pequeños y medianos productores en el manejo de los residuos orgánicos que generan para que puedan ser compostados, además de su correcto registro.

Planta de compostaje piloto



Contribución del proyecto

Iniciar un proceso de revalorización de residuos orgánicos agrícolas, que genere un producto local, con características nematicidas y preventivas de trips, que contribuya al desarrollo de una agricultura sustentable. Así mismo, el proyecto, dejará una capacidad instalada en los productores para que puedan realizar una mejor gestión de los residuos orgánicos que generan.

Contacto jefe de proyecto: Pedro Limarí Castro, Ingeniero Civil Industrial | pedro.limaric@gmail.com

Conoce más sobre el Consorcio del Desierto:
consorciodeldesierto.cl

Claudia Monsalve,
Gerenta del Consorcio del Desierto,
ps.claudia.monsalve@codesser.cl



“INVERNADERO DEL DESIERTO”

*Resiliente, sustentable y
asequible para la agricultura
en el desierto*



LÍNEA DE ACCIÓN CONSORCIO DEL DESIERTO: INFRAESTRUCTURA HABILITANTE



Los problemas

La macrozona norte de Chile enfrenta serios desafíos en la agricultura intensiva debido a la falta de infraestructura estandarizada y adaptada a las condiciones extremas del desierto. Actualmente, los invernaderos en la región carecen de sistemas precisos de medición y control climático, lo que impide la optimización de las condiciones de cultivo y genera una alta variabilidad en la producción, afectando tanto a pequeños y grandes productores, como a la industria semillera. Además, las condiciones extremas del entorno, como la radiación solar constante y la alta salinidad, aceleran el deterioro de las estructuras, afectando negativamente la productividad. Otro problema crítico es la falta de personal calificado

para el mantenimiento de tecnología avanzada en la industria semillera, lo que resulta en fallos frecuentes y obsolescencia rápida de los equipos. Por su parte, los pequeños productores, suelen carecer de acceso a tecnologías que podrían mejorar la calidad y eficiencia de su producción.

Finalmente, Chile no cuenta con la infraestructura necesaria para asegurar la provisión de una canasta básica de supervivencia en caso de una crisis, lo que subraya la importancia de desarrollar invernaderos resilientes y sustentables que puedan enfrentar los desafíos específicos de la región.



El proyecto

Se centra en el diseño, prototipado y validación de tres modelos innovadores de invernaderos específicamente adaptados a las condiciones extremas del desierto en la macrozona norte de Chile. Están concebidos para abordar los desafíos climáticos, operativos y de sostenibilidad energética que enfrenta la agricultura en esta región. Las empresas que se encuentran colaborando en el proyecto son Corteva, Tuniche, Ciencia Pura, Rivulis, Kapicua y Solar Trust.

Diseño de prototipos con distinto foco:

1. **Aumento de eficiencia:** Dirigido a semilleras y grandes productores. Busca mejorar la relación del costo/beneficio de los invernaderos productivos actuales para masificar su producción y que aumenten su tecnificación.
2. **Solución sostenible:** Dirigido a nuevos/pequeños agricultores. Busca generar un modelo de negocios que atraiga a nuevos agricultores.
3. **Seguridad alimentaria:** Dirigido a productores en general, busca generar entornos ultra resilientes para seguridad alimentaria utilizando características propias del desierto.

Los objetivos técnicos y funcionales en los que se basarán los prototipos serán:

- 1. Control climático avanzado:** Desarrollar sistemas integrados de monitoreo y control climático en invernaderos para ajustar temperatura, humedad y radiación solar, optimizando cultivos y maximizando los rendimientos productivos agrícolas.
- 2. Resistencia a condiciones extremas:** Asegurar durabilidad y estabilidad estructural ante radiación, calor y salinidad, a través del uso de materiales avanzados de alta reflectancia y resistencia.
- 3. Facilidad de mantenimiento:** Diseñar invernaderos eficientes con estructura modular y sistemas de autodiagnóstico que minimicen el mantenimiento y permitan intervenciones rápidas ante fallos.
- 4. Optimización de recursos y costos operativos:** Minimizar el uso de agua y energía, reduciendo costos operativos mediante el uso de métodos activos y pasivos.
- 5. Sustentabilidad y sostenibilidad energética:** Incorporar soluciones de eficiencia energética en invernaderos, incluyendo paneles solares, almacenamiento de energía, reciclaje de agua y cogeneración para reducir el consumo y la huella de carbono.

Principales componentes del proyecto



Análisis de línea base: puntos críticos y limitaciones de los invernaderos actuales en el mercado, en colaboración con la industria.



Para identificar las áreas clave de mejora y establecer los fundamentos técnicos para el diseño de nuevos prototipos.



Diseño de tres prototipos de invernaderos adaptados para enfrentar las condiciones extremas del desierto, en colaboración con expertos de la industria, garantizando que sean viables, escalables y adecuados para diversos tipos de cultivos en la macrozona norte de Chile.



Construcción e instalación de los tres prototipos de invernaderos en Chacalluta Arica, con implementación de tecnologías avanzadas para el control climático y la sostenibilidad energética.



Validación, evaluación económica y desarrollo de modelo de negocio sostenible que contemple la replicación y escalabilidad de estos prototipos en otras regiones desérticas.



Capacitación a agricultores y técnicos, enfocados en el manejo, mantenimiento y optimización del uso de los nuevos invernaderos. Esta capacitación asegurará que los usuarios finales puedan maximizar el rendimiento y la durabilidad de las instalaciones.



Contribución del proyecto

Este nuevo concepto de invernadero para el clima desértico extremo de las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá y Antofagasta, elevará significativamente los estándares de la agricultura intensiva. Los invernaderos diseñados serán más resistentes, eficientes y sostenibles, integrando tecnologías que faciliten su mantenimiento y optimicen el control climático. Además, al ser asequibles para agricultores de distintas escalas, se fomentará su adopción amplia, contribuyendo a la mejora de la productividad y la sostenibilidad en la región.

Contacto jefe de proyecto: Pablo Godoy, Ingeniero comercial, WAKI labs | pgodoy@wakilabs.cl



EVALUACIÓN Y EMPAQUETAMIENTO DE BIOINSUMOS AGROECOLÓGICOS DEL TERRITORIO ALTO ANDINO



LÍNEA DE ACCIÓN CONSORCIO DEL DESIERTO: SUELO Y SUSTRATO



Los problemas

Las condiciones de los suelos en la macrozona norte representan una limitante para el desarrollo agrícola, principalmente dado por los altos grados de erosión, el exceso de sales y minerales y bajo porcentaje de materia orgánica. En particular, para la región de Tarapacá, se evidencia una alta dependencia en el uso de agroquímicos para mantener los niveles de productividad de los huertos, especialmente en las comunas de Huara, Pozo Almonte y Pica, zonas en que se ha experimentado un fuerte crecimiento de la agricultura intensiva en los últimos años.

Hoy en día, las prácticas comunes para enfrentar la limitante de materia orgánica son la *incorporación de guano*; lo que se percibe como riesgosa para los cultivos, tanto por inocuidad, como por la persistencia de semillas de malezas que contiene, o la *importación de insumos orgánicos* desde la zona central de Chile, lo que encarece los costos e implica una huella de carbono adicional, siendo que estos insumos se podrían producir dentro de la misma zona norte. Sin embargo, en el escenario actual los productores carecen de la infraestructura y maquinaria para elaboración y escalamiento de este tipo de productos.



El proyecto

Busca validar un modelo para la estandarización y empaquetamiento de bioinsumos agroecológicos tradicionales del territorio, que contribuyan a la producción sustentable en la agricultura del desierto desde el enfoque de salud de suelos. Proporcionando capacidades para la producción estandarizada de bioinsumos y validando un modelo de negocio rentable para el abastecimiento local.

El enfoque se basa en rescatar formulaciones locales, integrando la realidad de Tarapacá, caracterizada por sistemas de cultivo patrimoniales y prácticas ancestrales. Estas formulaciones son una fuente valiosa de biodiversidad para potenciar la agricultura de desierto con principios agroecológicos.

El proyecto evaluará las condiciones de salud de suelo en la zona altoandina y la Pampa, abarcando las comunas de Huara, Pica, Colchane, Mamiña y Pozo Almonte, comunas que concentran la cobertura del Programa de Desarrollo Territorial Indígena de INDAP. Se trabajará con Biome Makers para desarrollar un modelo predictivo respecto al potencial de las formulaciones locales basado en las condiciones de la microbiota del suelo, y con la Universidad del Desarrollo para realizar ensayos de formulaciones en condiciones controladas, que determinarán los parámetros óptimos para la producción en biodigestores de baja escala que se van a instalar en la etapa de pilotaje.

Los productos estarán enfocados en la demanda local, abarcando cultivos de frutales, hortalizas y cereales en la región de Tarapacá.

Principales componentes del proyecto



Evaluación de condiciones de suelo productivo en las localidades de Tarapacá mediante análisis de indicadores de salud de suelo y prácticas culturales.



Caracterización de la demanda local en Tarapacá por productos que mejoren el suelo.



Catastro y caracterización de bioinsumos de elaboración local y materias primas disponibles en el territorio.



Publicación de Catálogo de bioinsumos patrimoniales del territorio altoandino.



Selección de 2 formulaciones con mayor potencial para avanzar en la optimización y desarrollo.



Evaluación de estrategias de optimización y estandarización de formulaciones de bioinsumos.



Ensayos bajo condiciones controladas para determinar parámetros de procesos y formulación acorde a parámetros de calidad deseados.



Estudio de prefactibilidad técnico-comercial.



Piloto: Instalación de biodigestores de baja escala, en 2-3 localidades, donde se implementarán las estrategias de optimización en terreno.



Evaluación de productos estandarizados mediante pruebas de campo, con monitoreo de indicadores de impacto a nivel de suelo.



Actividades de extensión para fortalecer las capacidades y conocimientos de los productores en relación a estas prácticas y salud de suelo.



Empaquetamiento de los productos optimizados para desarrollo de proveedores con un plan de escalamiento comercial.



Contribución del proyecto

El proyecto generará oportunidades para proveedores de insumos agroecológicos, impulsando el emprendimiento local mediante la validación de productos y su impacto. Se pondrán en valor las prácticas ancestrales a través de un catálogo, apoyando la transición agroecológica de los productores y determinando el mercado potencial para bioinsumos locales. Se generarán las condiciones para avanzar con el registro de los productos según la norma preliminar de Bioestimulantes y Fertilizantes.

Contacto jefe de proyecto: Olivia Valdés, Bióloga | ovaldes@ucdavis.edu

Diagnóstico de calidad de agua de riego en la Macrozona Norte:

Principales resultados

CONCEPTOS CLAVE

Salinidad: Alta concentración de sales en el suelo, que afecta la calidad de los suelos agrícolas y perjudica a los cultivos por su efectos osmóticos y tóxicos, causando reducción del crecimiento y desarrollo de las plantas. Se mide por conductividad eléctrica (CE), en unidades de dS/m (deciSiemens por metro).

Toxicidad por Boro: El boro es un elemento esencial para el crecimiento de las plantas en pequeñas cantidades, sin embargo, si su nivel aumenta, se vuelve tóxico, disminuyendo el crecimiento de las plantas y observándose síntomas como malformación de las hojas, amarillamiento y muerte de tejido, entre otras.

¿Por qué es importante el análisis de la calidad del agua en el desierto?

La agricultura de las zonas áridas de la macrozona norte del país está limitada por la calidad del agua de riego lo que a su vez determina la salinidad de los suelos de estos lugares (Lluta, Azapa, Pica, Pampa del Tamarugal, entre otros), limitando el rendimiento de los cultivos y la producción agrícola de estas regiones; situación que se incrementará producto del cambio climático, producto de la sequía y la expansión de las zonas áridas.

Las fuentes de agua de la región pueden ser superficiales o subterráneas, conteniendo distintos niveles de salinidad, concentraciones de boro y otros elementos químicos en niveles tóxicos para las plantas, niveles que están relacionados con procesos naturales de la geografía y paisaje de la zona (volcanes en actividad, campos geotérmicos, aguas salinas subterráneas, entre otras). Esta condición se ve agravada en ciertas zonas, como el Valle de Lluta, que presenta problemas de drenaje, un nivel freático a poca profundidad que incide en los altos niveles de salinidad cerca de la superficie lo que junto a altas concentraciones de boro en agua del río Lluta, afecta fuertemente la agricultura y la adaptación de cultivos en el valle (Torres y Acevedo, 2008) *.

Análisis de la calidad de agua en la macrozona norte

UC Davis Chile realizó un muestreo de agua con el objetivo de evaluar la calidad del agua de riego en distintas zonas de la Macrozona norte, contando con el apoyo del experto de UC Davis Mark Battany (Asesor de manejo de agua y biometeorología).



Objetivo del muestreo:

Diagnosticar problemas de calidad de agua en el territorio, y entregar recomendaciones sobre medidas de mitigación de acuerdo con el nivel de riesgo.



Ubicación del muestreo:

El muestreo se realizó en las localidades de Canchones (Pampa del Tamarugal, Tarapacá) en agua de riego, Oasis de Santa Rosita (Pica, Tarapacá) en aguas subterráneas y Valle de Lluta (Arica y Parinacota) en aguas superficiales, durante noviembre 2022 (Figura 1). Las muestras fueron evaluadas y analizadas en el laboratorio *Fruit Growers Laboratory, Inc./ FGL Environmental* (FGL) en California.

Figura 1. Zonas de muestreo



* Torres, Amador y Acevedo, Edmundo. El problema de salinidad en los recursos suelo y agua que afectan el riego y cultivos en los valles de Lluta y Azapa en el norte de Chile [online]. 2008, vol.26, n.3, pp.31-44. Disponible en: <http://www.scielo.cl/scielo.php>



¿Cuáles fueron los resultados del diagnóstico?

De acuerdo con los resultados obtenidos, es posible visibilizar los principales riesgos asociados al uso de fuentes de agua para riego (subterráneas y superficiales) (Figura 2), con altos contenidos de boro y sales (cloruros y sodio), de los valles donde se desarrolla la agricultura de desierto. Por lo que se hace importante dar a conocer medidas preliminares de prácticas adecuadas para adaptarse a la presencia de diferentes sales y minerales, sistemas de riego y características edafoclimáticas locales (Cuadro 1).

Figura 2. Representación gráfica de nivel de riesgo de acuerdo a resultados de los análisis agua de riego.

Muestra	Nivel de Riesgo					
	Sodio	Cloruros	Boro	pH	C.E	Aptitud de cultivos
Pica						Muy pobre
Canchones						Pobre
Valle de Lluta Sin tratamiento						Muy pobre
Valle de Lluta 1° tratamiento						Muy pobre
Valle de Lluta 2° tratamiento						Muy pobre

Elaborado por UC Davis Chile

Simbología: Sin Riesgo Posible Riesgo Riesgo Moderado Riesgo creciente Riesgo severo

Cuadro 1. Resumen resultados de análisis de calidad de agua y recomendaciones de manejo según parámetros limitantes.

Lugar muestreo y tipo de muestra	Cultivo	Parámetros Limitantes detectados	Medidas de mitigación recomendadas
Canchones	Uva Vinífera	Sodio 160 mg/L (Moderado) Boro 1,3 mg/L (Alto)	Enmiendas: Yeso y Ácido Sulfúrico (98%).
Pica	Palma Datilera	Cloruro 817 mg/L (Severo) Boro 6,7 mg/L (Severo)	Enmiendas: Yeso y Ácido Sulfúrico (98%).
Valle de Lluta: Muestra de agua sin tratamiento de osmosis inversa	Tomate	Sodio 60mg/L (Severo) Boro 21 mg/L (Severo) pH 8.29 (Alto)	Enmiendas: Yeso y Ácido Sulfúrico (98%).
Valle de Lluta: Muestra agua tratada en planta de osmosis inversa (1° tratamiento)	Tomate	Sodio 23mg/L (Severo) Boro 16 mg/L (Severo)	Enmiendas: Yeso.
Valle de Lluta: Muestra agua tratada en planta de osmosis inversa (2° tratamiento)	Tomate	Sodio 8mg/L (Severo) Boro 5,2 mg/L (Severo)	Enmiendas: Yeso.

Elaborado por UC Davis Chile

Simbología: Moderado Alto Severo

¿Cuáles son las consideraciones respecto a las medidas de mitigación recomendadas para aplicación?

Las medidas de mitigación presentadas están orientadas a corregir las condiciones de calidad del agua y suelo en relación a problemas de sales, pH, y drenaje presentes en las localidades evaluadas, facilitando el lavado de los suelos como un manejo fundamental para el desarrollo de nuevos cultivos en la zona. La implementación de estos manejos (lavado de sales y aplicación de enmiendas químicas) mejoraría significativamente las condiciones del suelo para su uso

agrícola, sin embargo, estas no resuelven la presencia de Boro que persiste como una limitante importante para los cultivos agrícolas. Por ejemplo, se puede observar el Cuadro 1 y Figura 2 que en las muestras del Valle de Lluta aun cuando se contaba con una planta de osmosis inversa, y el agua se sometió a dos tratamientos consecutivos, el contenido de boro luego de ambos tratamientos sigue superando los límites para la gran mayoría de los cultivos.

	Lavado de sales	El lavado de suelos es la principal medida para mitigar un problema de salinidad, que consiste en incorporar un exceso de agua respecto de la evapotranspiración, con el objetivo de lixiviar las sales, es decir, que sean arrastradas más allá de la zona de las raíces. El agua requerida depende de la calidad del agua de riego y la tolerancia a la salinidad del cultivo. Para el cálculo se utiliza la CE del agua de riego, del agua de drenaje y de la solución suelo. Mejorar el drenaje también es fundamental para asegurar un flujo descendente del agua y lixiviar las sales.
	Aplicación de Yeso	Se utiliza principalmente para mejorar suelos sódicos, antes de realizar el lavado. Se debe aplicar al menos una vez al año en la superficie del suelo con sistema de riego. El yeso también se puede aplicar en cantidades más pequeñas en el agua de riego. También se pueden aplicar cantidades pequeñas al momento de la aplicación de ácido sulfúrico. Aplicaciones de mayor cantidad se deben realizar cuando se aplique sólo yeso.
	Aplicación de ácido sulfúrico	Debe aplicarse según sea necesario para evitar que se obstruyan los sistemas de micro irrigación y/o como enmienda del suelo para ajustar el pH del suelo, mejorar la disponibilidad de nutrientes y facilitar la lixiviación de sales. Precaución en su aplicación, ya que los excesos pueden ser perjudiciales para el sistema y/o las plantas que se riegan. Y cualquier ácido fuerte presenta peligros para los operadores de los sistemas. El requerimiento de ácido informado pretende eliminar aproximadamente el 80 % de la alcalinidad. El pH final debe oscilar entre 5,4 y 6,7. Se recomienda una determinación de pH de campo para confirmar que se está logrando el pH objetivo. Esta aplicación se basa en el uso de un producto de ácido sulfúrico al 98 %.

Consideraciones:

- Los resultados del diagnóstico muestran problemas, particularmente en el Valle de Lluta, siendo la principal limitante el alto contenido de Boro.
- En todas las muestras se presentan altos niveles de sales (cloruros o sodio), que, tomando las medidas de mitigación adecuados según su nivel de sales, mejoraría las condiciones del suelo para uso agrícola.
- Los resultados presentados ponen en evidencia los altos niveles de sales y boro en la macrozona norte del país, y los riesgos para el desarrollo de la agricultura, por lo tanto el trabajo en adelante a desarrollar junto a los actores del Consorcio del Desierto van a permitir evaluar de forma empírica diferentes estrategias de manejo y tecnologías para el problema salinidad y la presencia de boro, orientadas a la evaluación y validación técnico/económica/ambiental de soluciones locales para fomentar la expansión de la agricultura de desierto en este territorio.

Más información sobre el Consorcio del Desierto en:
<https://consorciodeldesierto.cl>



**CONSORCIO
DEL DESIERTO**
 IMPULSANDO LA AGRICULTURA DEL FUTURO



Pitahaya

Consideraciones básicas para su establecimiento y producción

Conceptos clave

Autopolinización: proceso de reproducción en el que una planta se fertiliza a sí misma, sin la necesidad de la intervención de otra planta o un agente polinizador.

Autoesterilidad: plantas que, a pesar de ser hermafroditas, la autofecundación es imposible

Autoincompatibilidad: incapacidad de una planta hermafrodita de producir semillas por autopolinización, aunque presente gametos viables.

¿Qué características posee el cultivo de Pitahaya que se la considera de gran potencial para la agricultura del desierto en Chile?

La Pitahaya es una planta con metabolismo tipo CAM3 y puede sobrevivir con cantidades mínimas de agua, por lo que es tolerante a la sequía y eficiente en el uso del agua. Dada su amplia adaptación, la pitahaya ha demostrado ser una excelente planta para jardines o huertos familiares y con buen manejo puede tener una vida útil o productiva de 12-15 años en plantaciones comerciales.

Además de su alta actividad antioxidante (en relación con otras frutas tropicales) que la colocan entre el grupo de super alimentos, la pitahaya tiene muchos beneficios de salud asociados con el consumo de la fruta (sistema digestivo, presión sanguínea y enfermedades cardio vasculares, Parkinson, entre otras). La demanda actual excede la oferta y tiene precios altos.

¿Qué se debe considerar para establecer un cultivo de Pitahaya?



Selección y preparación del sitio

Se adapta a varios tipos de suelo, pero prefiere suelos francos, con buen drenaje y ricos en materia orgánica. En suelos arcillosos (pesados) se recomienda hacer camas de 30-45 cm o en maceteros. Pueden plantarse a pleno sol o con sombra moderada, dependiendo de la variedad.

Propagación

Por esquejes es el método más común: Esquejes maduros, de buen grosor, 30-45 cm si se enraízan en vivero y 45-60 cm para plantación directa.

La propagación por semilla es posible, pero el desarrollo es lento.

Esquejes enraizados se deben trasplantar al campo cuando el sistema radicular está bien desarrollado (4-6 meses).

El uso de injertos es posible pero los beneficios no están claros.



Establecimiento

Si se usan esquejes enraizados, pueden producir frutos en un año.

Es preferible plantar en primavera o a inicios de la época de lluvias.

Plantar en agujeros grandes para minimizar el shock y facilitar la absorción del agua.

Se deben proteger las plantas de roedores si están presentes.



Cuidado de plántulas

Estacar los esquejes recién sembrados para estimular el crecimiento vertical (en ausencia del tutor).

Seleccionar 2-3 líderes de mejor vigor y tamaño para formar una buena estructura de la planta.

Remover los brotes secundarios para estimular el crecimiento de los líderes (excepto cuando se desea multiplicar).

Aplicar compost y/o aplicar fertilizante completo o N-P dependiendo del análisis del suelo.



Irrigación/Requerimiento de Agua

La pitahaya requiere una mínima cantidad de agua para sobrevivir, pero estos aumentan considerablemente hasta un rango de 4,600 a 6,200 m³ para producción comercial. El exceso de agua en suelos arcillosos (pesados), puede ser desastroso para el cultivo y dado lo fibroso del sistema radicular se recomiendan riegos frecuentes con volúmenes bajos.

Los periodos de sequía y número de horas luz ayudan a inducir la floración.

Sistemas de tutoreo comerciales

La Pitahaya es un cacto trepador, por lo que necesita tutor para crecer verticalmente. El sistema de tutoreo depende del sistema de manejo, la variedad, y el espaciamiento deseado. Cualquier material se puede usar como tutor (tutor vivo, madera, concreto, metal, pvc, etc.), pero lo ideal es que sea resistente al peso de la planta y de larga vida útil porque debe durar 12-15 años, lo mismo que el cultivo. La altura del tutor depende del sistema usado, pero no debe exceder 1,5 a 1,80 m de alto.

Tipos de sistemas de tutoreo:



Eje Central

Este sistema permite manejar cada planta individualmente y se adapta a terrenos inclinados.

Espaciamiento recomendado de 1,8 x 3 m.

Consiste en un poste o pilar central con una canasta o estructura a la altura deseada para sostener la planta.

Se puede usar más de 1 esquejes por postura para aumentar la producción temprana, pero no hay diferencia una vez la planta crece.

El manejo de la copa es crítico para mantener un huerto productivo, que maximice el número de flores por biomasa y la producción de fruta.



Espaldera sencilla

Consiste en postes terminales reforzados y postes internos a 1,8 -3 m de distancia para sostener de 4-5 líneas de alambre.

Este sistema permite plantar densidades altas con espaciamiento de 0,9 x 3 m (o hasta 0,6 x 1,8 m en sistemas de super alta densidad).

En este sistema se llena el espacio vertical y no hay estructura de soporte en la parte alta del tutor.

La idea es crear un seto de 1 m de ancho, los brotes perpendiculares se entrenan hacia el centro y se maneja la hilera y no plantas individuales.





Tipos de poda

La poda depende del sistema de tutoreo y la estructura de la planta deseada. Generalmente hay tres tipos de poda:

- Poda de formación: para estimular el crecimiento de acuerdo con el sistema de tutoreo utilizado y la estructura de planta deseado.
- Poda sanitaria: Implica la remoción de ramas o tallos enfermos, dañados, o muertos.
- Poda de producción o raleo: eliminación de exceso de tejidos para renovar la planta y mejorar la circulación de aire, la exposición solar y el espacio para que las flores abran bien y que permita cosechar el fruto.

Floración y fructificación



El desarrollo de la flor toma unos 21 días desde la diferenciación del botón floral a la floración y 40-45 días de floración a cosecha (en el sur de California).

La flor es grande y se abre por la noche, siendo viable por una noche hasta tempranas horas del día siguiente dependiendo de las condiciones climáticas.

Polinizada usualmente por abejas en California, pero la efectividad de las abejas como polinizador es variable dadas las variedades o híbridos que se cultivan en el estado. Por tal razón existe gran interés en el desarrollo de variedades autopolinizantes y autógamas.

La autopolinización, la autoesterilidad y la autoincompatibilidad son de los aspectos más importantes en la producción de pitahaya. Las plantas pueden o no ser autopolinizantes por la morfología de las partes florales (tamaño del estigma en relación a las anteras) y la orientación de la flor. Además, en casos cuando la autopolinización ocurre, hay variedades que son auto estériles y/o auto incompatibles lo que evita que la flor se fecunde con su propio polen y esto reduce significativamente la producción de frutos en ausencia de agentes polinizantes o polinización a mano.

Polinización a mano

La polinización a mano es crítica para mejorarla pega o fecundación de la flor, el tamaño y la uniformidad del fruto en variedades autoestériles que requieren de polinización cruzada.

El polen se puede almacenar congelado ($< 0^{\circ}\text{C}$) después de reducirle la humedad a un 5-10 %. El almacenamiento de polen puede mejorar rendimientos en parcelas comerciales y también permite producir frutos más temprano en la temporada.

Esto es importante para mejoramiento genético porque se puede hacer cruces independientemente de la floración.



Cosecha

El desarrollo del fruto toma un rango de 40 días desde floración hasta la madurez. La cosecha es un manejo crítico para preservar la calidad interna y el atractivo externo de la fruta. Se debe prestar atención a las diferencias de variedad al recolectar y almacenar ya que el punto óptimo de madurez o cosecha varía. Como regla general se recomienda recolectar el fruto cuando la coloración está entre 2/3 – ¾ de color (rojo versus verde).

La fruta almacenada a una temperatura de entre 10 y 12 °C y entre 85 y 90 % de humedad relativa tiene una vida útil de entre 2 y 3 semanas (Arpaia, Cantwell). Se recomienda cortar el fruto con un poco del tallo para evitar daños físicos (aunque en algunas variedades el fruto se separa fácilmente torciéndolo) y colocarlo en canastas para evitar la contaminación.

Operaciones de postcosecha

La reducción del calor de campo durante la cosecha es crítico para la vida de anaquel y se recomienda transferir la fruta a un área fresca (10-15°C) lo más pronto posible para retrasar el deterioro.

Remover tejido floral seco, revisar presencia de insectos (áfidos, escamas, pulgones), heridas y hendiduras, etc., deshidratación.

Seleccionar por color y tamaño - pequeño, mediano, grande; 300-380, 380-500, >500 g.

Enjuagar en agua potable, secar y si es posible enserar o empacar en papel.

Empacar en cajas rotuladas de 6, 8, 10 o 12 frutas por caja de 4-5 kg o de 10 kg.



Almacenamiento

Con temperaturas entre 10 a 12° C, 85-90% humedad relativa para una vida de anaquel de 2-3 semanas; a 14°C se reduce a 2 semanas.

Con temperaturas entre 20-25° C (ambiente) la vida de anaquel es de 1 semana aproximadamente.

Sensible al daño por frío, este ocurre a los 8°C o menos. La maduración, temperatura y tiempo afectan el daño por frío. El mover fruta del frío al calor acentúa los síntomas de daño por frío y la decadencia en la calidad del fruto.

Síntomas de daño por frío: escamas oscuras, pérdida de firmeza y sabor, pulpa traslúcida.



Prospectos a Futuro

La popularidad de la pitahaya como un super alimento con muchas propiedades nutricionales ha incrementado la demanda por esta fruta a nivel mundial. Esto ha hecho de la pitahaya una alternativa de cultivo de mucho interés y ha resultado en un incremento considerable en el área cultivada y en el volumen de fruta producida y comercializada a nivel mundial, lo que resulta en una tendencia a la baja en los precios. A pesar de esto, dada la adaptabilidad de la planta a varios climas y su bajo requerimiento de agua, la pitahaya continúa siendo una alternativa viable para productores de pequeña escala con recursos hídricos limitados quienes podrían enfocarse en producir variedades de mejor sabor para mercados más localizados.