



Fundación para la
Innovación Agraria
MINISTERIO DE AGRICULTURA

RESULTADOS Y LECCIONES EN

Programa de eficiencia hídrica para la pequeña agricultura de la Región Metropolitana

AGRICULTURA SUSTENTABLE



Proyecto de innovación en
**Región Metropolitana -
Provincia de Melipilla**





160



RESULTADOS Y LECCIONES EN

Programa de eficiencia hídrica para la pequeña agricultura de la Región Metropolitana



Proyecto de innovación en
**Región Metropolitana –
Provincia de Melipilla**

Valorización a diciembre de 2022



Agradecimientos

En la realización de este trabajo agradecemos sinceramente la colaboración de los productores, directivos de establecimientos educacionales, técnicos y profesionales vinculados al proyecto evaluado, en especial a los profesionales del Instituto de Investigaciones Agropecuarias que aportaron con información y conocimiento para la elaboración de este documento:

- Alejandro Antúnez Barría, Investigador INIA La Platina.
- Paulo Godoy Cáceres, Investigador INIA La Platina.

Resultados y lecciones en

Programa de eficiencia hídrica para la pequeña agricultura de la Región Metropolitana

Proyecto de innovación en Región Metropolitana - Provincia de Melipilla

Serie Experiencias de innovación para el emprendimiento agrario

FUNDACIÓN PARA LA INNOVACIÓN AGRARIA

Santiago de Chile, diciembre 2022

Registro de Propiedad Intelectual N° 2023-A-7705

ELABORACIÓN DEL DOCUMENTO

Sergio Lara Pulgar, Médico Veterinario y consultor.

REVISIÓN Y EDICIÓN TÉCNICA DEL DOCUMENTO

Gabriela Casanova, Ingeniera Agrónoma, Fundación para la Innovación Agraria

FOTOGRAFÍAS

Todo el material gráfico del documento corresponde al proyecto precursor, consultor y archivo FIA.

DISEÑO GRÁFICO Y EDICIÓN DE TEXTOS

Guillermo Feuerhake

Se autoriza la reproducción parcial de la información aquí contenida, siempre y cuando se cite esta publicación como fuente.

Presentación

La Fundación para la Innovación Agraria (FIA) es la agencia del Ministerio de Agricultura orientada a promover procesos de innovación en el sector silvoagropecuario y/o de la cadena agroalimentaria nacional, por medio del impulso, articulación, desarrollo de capacidades y difusión tecnológica de iniciativas que contribuyan al desarrollo sostenible y la competitividad de Chile y sus regiones.

Fundamental para que los productores puedan innovar es contar con información relevante para tomar decisiones que les permitan acercarse de manera plausible al éxito de las iniciativas que realicen. Por su parte, los proyectos e iniciativas que se desarrollan bajo el alero de FIA generan resultados que representan un gran caudal de valioso conocimiento para el sector silvoagropecuario y agroalimentario nacional e internacional. Como toda innovación, conlleva un riesgo, y tanto los resultados promisorios como aquellos de proyectos que no lograron alcanzar los objetivos esperados son puestos en valor por FIA, ya que ambos constituyen aprendizajes relevantes.

FIA desarrolló una metodología de valorización de resultados orientada a analizar la validez y potencial de aplicación de las experiencias, lecciones aprendidas y resultados de los proyectos al momento de su cierre. Es una metodología cercana a la de un estudio de viabilidad, compuesta de distintos análisis en los ámbitos comerciales, técnicos, de gestión, legal y/o financieros, dependiendo de la naturaleza del proyecto.

En este marco, el presente documento tiene el propósito de compartir con los actores del sector los resultados, experiencias y lecciones aprendidas del proyecto **“Programa de Innovación en el uso eficiente del recurso hídrico para la pequeña agricultura de la Provincia de Melipilla”**. Este tuvo como objetivo mejorar la eficiencia en el uso del agua de pequeños y también medianos productores, para mitigar el impacto que genera la sequía en las actividades productivas dentro del territorio.

Esperamos que la información contenida en este documento sirva como aprendizaje y se transforme en un insumo provechoso, especialmente para agricultores y empresas que, en un escenario de cambio climático, buscan incorporar tecnologías de riego en el manejo productivo de sus explotaciones, en especial aquellas que permitan disminuir su vulnerabilidad a eventos meteorológicos adversos, optimizar el consumo del recurso hídrico y alcanzar un adecuado nivel de productividad y calidad.

Francine Brossard Leiva
Directora Ejecutiva FIA

Contenidos

Presentación	5
Introducción	9

Sección 1. Antecedentes del proyecto	11
1. Contexto general	11
2. Justificación y objetivos	20
3. Implementación del proyecto.....	23
3.1. Elección de beneficiarios de la transferencia.....	24
3.2. Diagnóstico de sistemas de riego de agricultores	25
3.3. Diseño de unidades demostrativas.....	27
3.4. Ejecución de actividades de capacitación	32

Sección 2. Resultados y aprendizajes del proyecto	37
1. Soluciones tecnológicas propuestas	37
2. Estado actual de unidades demostrativas	41
3. Adopción de tecnología por los agricultores	45
4. Estrategia y componentes del Programa de Eficiencia Hídrica..	47
4.1. Componentes del Programa.....	48
4.2. Etapas para la implementación	50
4.3. Actores relevantes y sus roles	51
4.4. Resultados esperados del Programa.....	61
5. Beneficios técnicos y económicos de la adopción tecnológica	62

Sección 3. El valor del proyecto precursor y aprendido	69
---	----

Sección 4. Anexos	
1. Resultados Censo Agropecuario y Forestal 2021 en relación con riego	72
2. Instrumento de diagnóstico sistemas de riego	74
3. Bibliografía consultada	82
4. Entrevistas realizadas	84



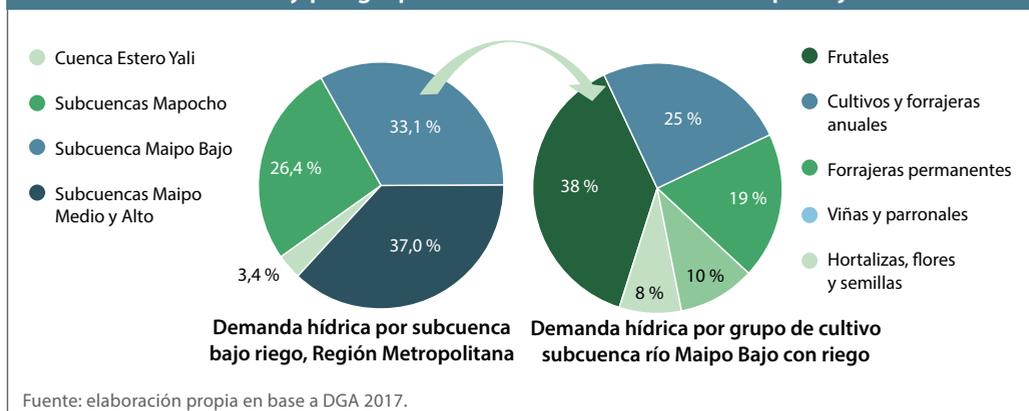
Introducción

El país enfrenta una realidad climática expresada en una de las sequías más prolongadas, extensas territorialmente y severas de las que se tenga registro, que ha traído consigo una disminución de las precipitaciones, alzas de temperatura, disminución de caudales y derretimiento de los glaciares, lo que ha expuesto al sector silvoagropecuario a un déficit hídrico por más de 10 años.

De acuerdo con el Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo (2016) nuestra matriz productiva, especialmente en agricultura y minería, es muy intensiva en el uso de recursos hídricos y gran parte de ella se concentra en zonas de escasez hídrica o de alta vulnerabilidad. Se calcula que la agricultura consume a nivel mundial alrededor del 70% del agua que se extrae de las diversas fuentes, y en Chile esa cifra asciende al 72% de la demanda consuntiva¹ a nivel nacional, según la estimación realizada por la Dirección General de Aguas (DGA) en 2017. No obstante, destaca el caso de la Región del Maule, donde se estima que la agricultura concentra el 96% del consumo consuntivo del agua.

En el caso de la Región Metropolitana, la mayor demanda de uso consuntivo es agrícola, con un 62%, seguido por la demanda en agua potable urbana, con un 32%; todos los demás usos no superan el 6%. La demanda hídrica, estimada por los requerimientos evapotranspirativos de los cultivos, en un 58% corresponde a especies en secano, fundamentalmente praderas naturales. En la estimación de demanda bajo riego se agregan las precipitaciones y eficiencia del sistema de riego, donde el 70% del volumen se concentra en la cuenca del río Maipo, mayoritariamente en sus sectores Medio y Bajo. La subcuenca de Maipo Bajo se corresponde geográficamente con la Provincia de Melipilla, donde el 38% de la demanda por riego corresponde a frutales, seguido de un 25% de cultivos anuales, como puede apreciarse en la Figura 1.

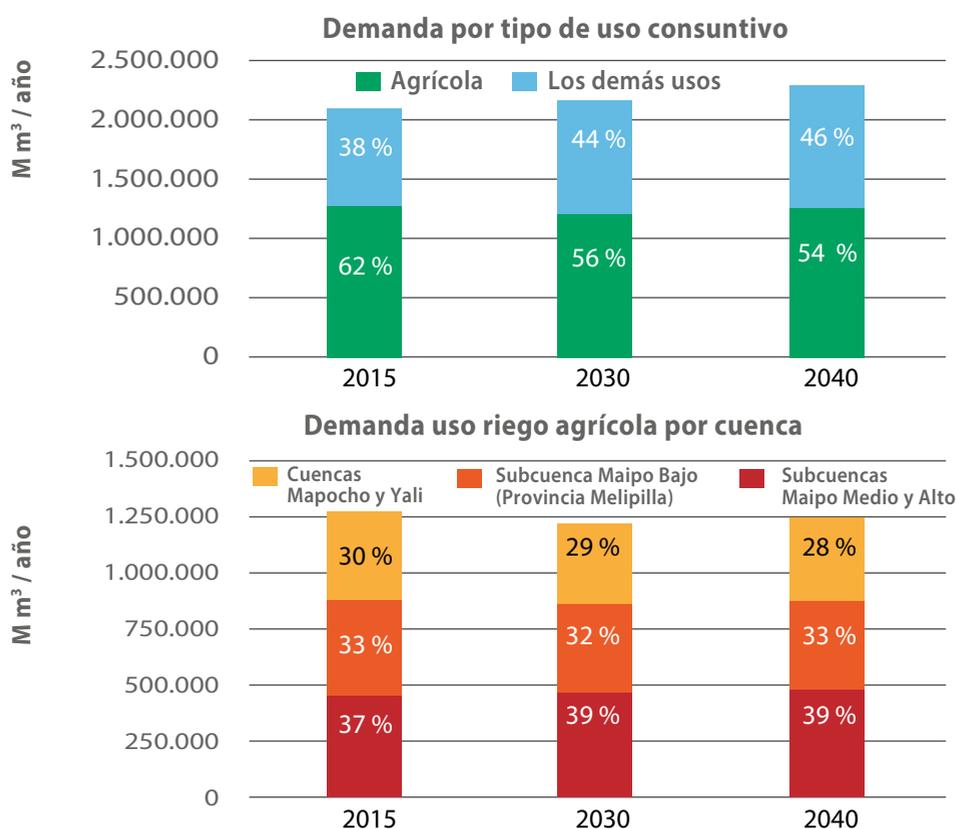
Figura 1. Demanda hídrica en superficie bajo riego Región Metropolitana a nivel de subcuenca y por grupo de cultivo en subcuenca Maipo Bajo



¹ El uso consuntivo se refiere a la no devolución del agua al lugar donde fue captada, una vez usada.

Respecto a las proyecciones de demanda hídrica, el estudio de la DGA incorpora como criterios el cambio en la eficiencia de riego, en la superficie regada y en el tipo de cultivos. Se estima que la demanda agrícola en la Región Metropolitana tendrá una leve disminución del 1% entre los años 2015 y 2040, mientras que en términos relativos su participación en la demanda total disminuirá de un 62% a un 54%. La demanda pecuaria, si bien ocupa un rol marginal en la demanda total de agua, duplicará su valor tanto en términos absolutos como relativos, subiendo su participación de 0,9% a 1,7% del total. El crecimiento de la demanda agrícola es escaso, debido a que la región es la más poblada del país, por lo que la distribución del territorio es extremadamente ajustada. Asimismo, la demanda pecuaria no crece en forma tan explosiva como en otras regiones donde la distribución del territorio lo permite. A nivel de cuenca, la demanda de uso consuntivo de agua para la agricultura tendrá pocas variaciones, con la subcuenca del río Maipo Bajo manteniendo su participación dentro de la Región Metropolitana (Figura 2).

Figura 2. Demanda hídrica consuntiva proyectada en Región Metropolitana



Fuente: elaboración propia en base a DGA 2017.

Antecedentes del proyecto

► 1. Contexto general

Chile es un país altamente vulnerable al cambio climático, especialmente el sector silvoagropecuario, la pequeña agricultura y las zonas rurales. Los impactos que se derivan sobre la cantidad, calidad y oportunidad de los recursos hídricos (oferta) y sobre los requerimientos hídricos (demanda) son parte importante de los factores que incidirán en el desarrollo del sector y los medios de vida de la población rural.

Respecto del VII Censo Agropecuario y Forestal (CAF) del año 2007, los resultados del VIII CAF muestran una disminución de la superficie en la mayoría de los cultivos y existencias de ganadería bovina en el país. De acuerdo con el último CAF,² el total de la superficie con actividad silvoagropecuaria censada llegó a 45,8 millones de ha, de las cuales, sin considerar matorrales ni terrenos no productivos, se alcanza una superficie silvoagropecuaria de 22,2 millones de hectáreas, disminuyendo en un 29 % respecto del total de esta superficie en 2007. La lectura de estas cifras, de forma directa, da cuenta de una agricultura que habría exhibido una transformación sustancial entre 2007 y 2021 (Rojas *et al*, 2022).



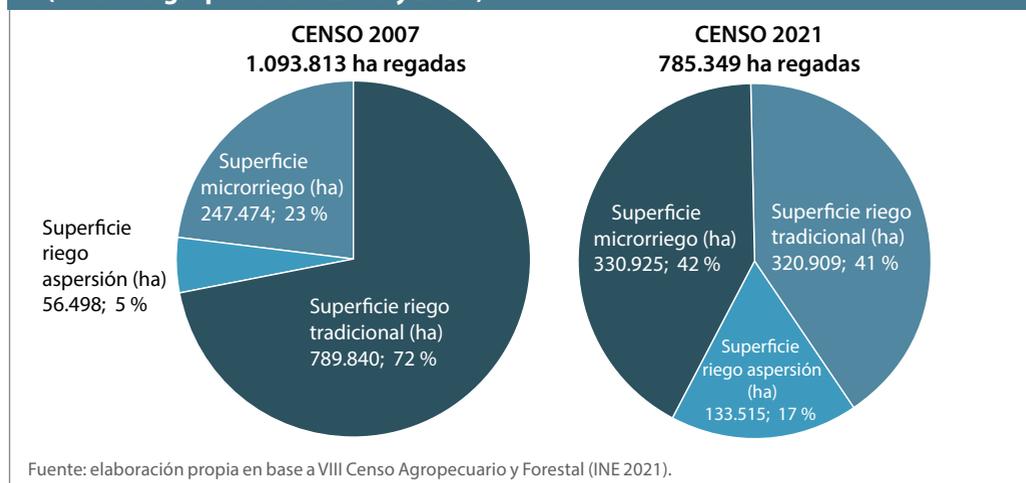
² Cifras referenciales, ya que los resultados arrojados por el VIII Censo Agropecuario y Forestal (CAF) 2021, están siendo analizados por un panel de expertos solicitado por INE y ODEPA, a fin de evaluar la calidad de la información recolectada, indicar el alcance del uso de los datos y entregar recomendaciones sobre estrategias del uso de la información.

Entre los datos que más preocupan al sector está la disminución en la superficie declarada bajo riego, que muestra una caída de 28 % respecto de 2007, llegando a poco más de 785 mil hectáreas en 2021, algo que se atribuye en gran medida a los efectos de la sequía durante los últimos 13 años (ANPROS, 2022).

Cabe destacar el importante incremento en la superficie regada con mayor incorporación de tecnología (aspersión y microrriego), pasando de 303 mil hectáreas en 2007 a 464 mil en 2021, lo que representa un 53 % de aumento. En términos relativos, su participación sobre el total de superficie regada pasó de 28 % a 59 % en ese mismo periodo. Efectivamente, de acuerdo con expertos en el tema,³ en los últimos años se ha visto un incremento importante en nuestro país en la adopción de tecnologías como la telemetría para el monitoreo y control de equipos de riego a distancia, junto con el uso extensivo de los sensores de humedad de suelo, que en conjunto están permitiendo generar ahorros de entre un 20-30 % en agua y energía. Chile lideraría la adopción de tecnología de riego en América Latina, sobre todo si se analiza el uso de los sensores de humedad de suelo, herramienta que ha demostrado ser muy útil para tomar mejores decisiones de cuándo y cuánto regar.

Sin embargo, a pesar de este significativo incremento, el riego tradicional sigue siendo muy importante en el país. Tal como se muestra en la Figura 3, en 2021 casi el 41% de la superficie regada continúa bajo esta modalidad, junto a la superficie bajo microrriego (42 %) y la con riego por aspersión (17 %).

Figura 3. Distribución de la superficie del principal sistema de riego (Censos Agropecuarios 2007 y 2021)



De las más de 785 mil hectáreas regadas a nivel nacional, el 88 % se concentra en la zona centro sur, entre las regiones de Valparaíso y de La Araucanía, destacándose las regiones del Maule y de O'Higgins con el mayor número de hectáreas, equivalentes al 28 % nacional.

³ Walter Frindt, presidente AGRYD, "Sobre el riego en Chile y las nuevas tecnologías". Mayo 2021.
En: <https://mundoagro.cl/walter-frindt-presidente-agryd-sobre-el-riego-en-chile-y-las-nuevas-tecnologias/>

Tabla 1. Distribución de superficie regada por tipo de riego y región según CAF 2021

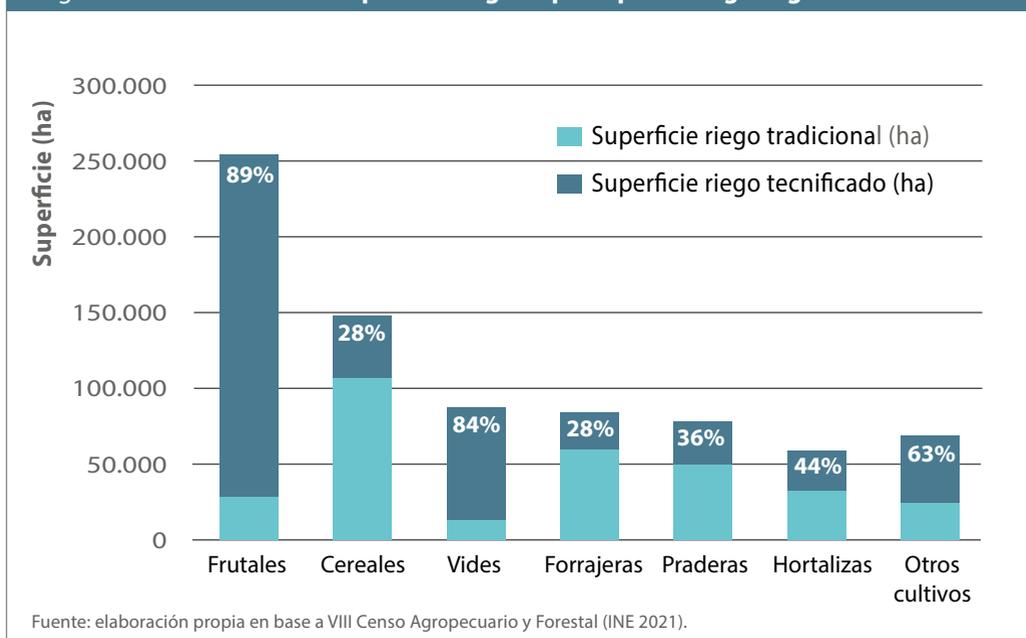
Región	Riego tradicional		Riego tecnificado (aspersión y microrriego)		Superficie total riego (ha)
	Superficie (ha)	Superficie (%)	Superficie (ha)	Superficie (%)	
Arica y Parinacota	3.955	61,5	2.476	38,5	6.430
Tarapacá	962	63,9	543	36,1	1505
Antofagasta	932	95,3	46	4,7	978
Atacama	3.516	37,5	5.872	62,5	9.388
Coquimbo	6.179	18,7	26.893	81,3	33.072
Valparaíso	9.494	20,8	36.101	79,2	45.595
Metropolitana	40.235	44,2	50.793	55,8	91.028
O'Higgins	55.487	41,7	77.509	58,3	132.997
Maule	105.770	48,0	114.395	52,0	220.165
Ñuble	41.823	49,2	43.131	50,8	84.954
Biobío	28.276	44,2	35.699	55,8	63.975
Araucanía	15.865	31,8	34.026	68,2	49.891
Los Ríos	720	3,3	21360	96,7	22.080
Los Lagos	2.877	17,1	13.960	82,9	16.837
Aysén	1.449	52,6	1.304	47,4	2.753
Magallanes	3.369	91,0	332	9,0	3.701
Total nacional	320.909	40,9	464.440	59,1	785.349

Fuente: elaboración propia en base a VIII Censo Agropecuario y Forestal (INE 2021).

Cabe destacar las variaciones que se expresan en los tipos de tecnología de riego de las distintas regiones del país. En primer lugar, entre Coquimbo y La Araucanía (zona que en total suma casi el 92 % de la superficie bajo riego), las regiones con mayores superficies en riego tradicional (gravitacional o por surco) se encuentran en las regiones **Metropolitana, O'Higgins, Maule, Ñuble y Biobío**, todas ellas con porcentajes superiores a 40 % de riego tradicional sobre el total de superficie regada; y en el caso de **La Araucanía**, sobre el 30 %.

El tipo de riego utilizado tiene una gran variación según el tipo de cultivo. Los frutales, que representan el 32 % de la superficie regada nacional, tienen el 89 % de su superficie con riego tecnificado, mientras que en cultivos tradicionales como los cereales, que concentran el 19 % de la superficie regada, solo el 28 % se encuentra bajo riego tecnificado. Situación similar ocurre con hortalizas, praderas y forrajeras bajo riego, donde predomina el riego tradicional por sobre el tecnificado. El cultivo de vides, con un 11 % de la superficie regada, también se encuentra altamente tecnificado, con un 84 % de la superficie bajo este tipo de sistemas. En los cultivos más tecnificados, como frutales y vides, casi la totalidad ocupa microrriego, que permite una entrega de agua más precisa, mientras que en cereales, praderas y forrajeras el microrriego es marginal.

Figura 4. Distribución de superficie regada por tipo de riego según CAF 2021



Algunos tipos de cultivo son relativamente homogéneos en el nivel de tecnificación entre regiones, mientras que en otros pueden presentarse altas tasas de variación en la incorporación de riego tecnificado. En los 4 grupos principales de cultivos agrícolas regados (frutales, cereales, vides y hortalizas) se observa que, en el caso de los frutales, las 5 regiones con mayor superficie regada tienen altas tasas de tecnificación, con pocas diferencias entre ellas, sin que se aprecie una relación entre el tamaño predial y la tecnificación a nivel regional. Un caso similar se aprecia en las vides, donde la superficie promedio puede variar de 8 ha en Coquimbo a 69 ha en Valparaíso, pero en todas ellas la tecnificación supera el 75 % de la superficie.

Un caso distinto se presenta en cereales, donde las regiones de O'Higgins y Maule muestran superficies prediales en torno a las 11 ha, con niveles de tecnificación de 5 % y 13 % respectivamente. Las regiones de mayor superficie promedio predial exhiben mayores tasas de tecnificación, pero solo alcanzan un máximo de 52 % en Biobío, bastante por debajo de todas las regiones productoras de frutales y vides.

En lo que respecta a la Región Metropolitana, **su alta tasa de riego tradicional, cercana al 44 %, obedece a la persistencia de una importante superficie de hortalizas, cereales y praderas**, que en conjunto alcanzan el 41% de la superficie regada regional, y que presentan niveles de tecnificación inferiores al 30%. Esto neutraliza los mayores índices de tecnificación que presentan rubros como frutales y vides.

Tabla 2. Distribución de superficie regada por tipo de cultivo y sistema de riego en Región Metropolitana (Censo Agropecuario y Forestal 2021)

Tipo de cultivo	Riego tradicional		Riego tecnificado (aspersión y microrriego)		Superficie total riego (ha)
	Superficie (ha)	Superficie (%)	Superficie (ha)	Superficie (%)	
Frutales	2.869	10,5	24.345	89,5	27.214
Forrajeras	12.370	86,3	1.956	13,7	14.326
Hortalizas	10.541	78,5	2.890	21,5	13.431
Cereales	6.501	69,5	2.853	30,5	9.354
Vides	844	10,1	7.506	89,9	8.350
Leguminosas y tubérculos	2.856	84,4	528	15,6	3.383
Semilleros	1.895	68,1	887	31,9	2.782
Praderas	1.729	89,4	206	10,6	1.935
Viveros	329	38,3	531	61,7	860
Cultivos Industriales	82	39,0	128	61,0	210
Flores de corte	28	56,0	22	44,0	50
Total, Región Metropolitana	40.235	44,2	50.793	55,8	91.028

Fuente: elaboración propia en base a VIII Censo Agropecuario y Forestal (INE 2021).





La Provincia de Melipilla, con sus 5 comunas (Melipilla, Alhué, Curacaví, María Pinto y San Pedro), representa el 48 % de la superficie regada regional, y presenta un nivel de tecnificación algo mayor al promedio regional. El mayor grado de tecnificación de frutales y vides, que representan el 51% de la superficie regada provincial, contribuye a elevar el nivel de tecnificación general (Tabla 3).

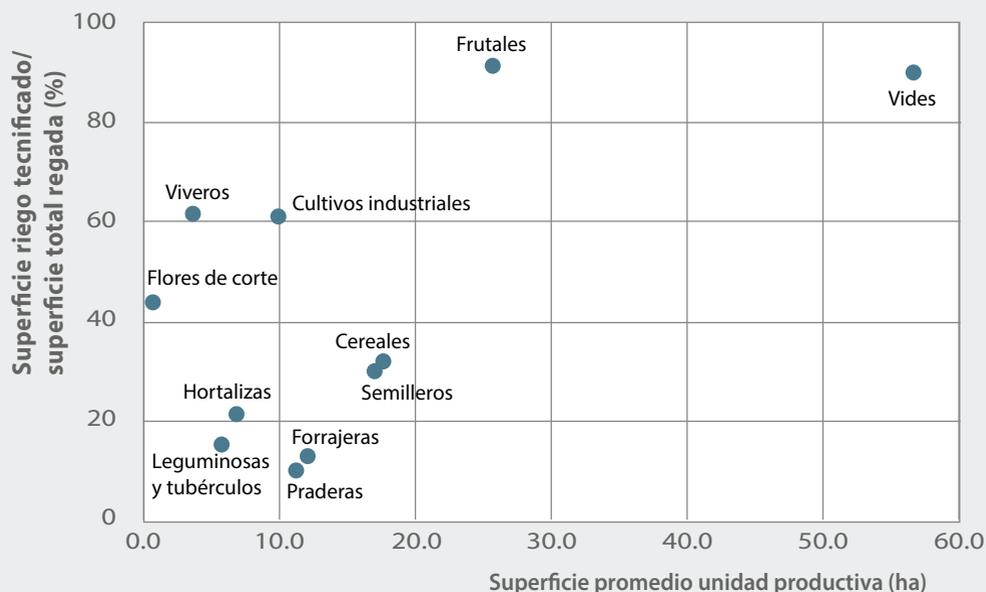
Tabla 3. Distribución de superficie regada por tipo de cultivo y sistema de riego en Provincia de Melipilla (Censo Agropecuario y Forestal 2021)

Tipo de cultivo	Riego tradicional		Riego tecnificado (aspersión y microrriego)		Superficie total riego (ha)
	Superficie (ha)	Superficie (%)	Superficie (ha)	Superficie (%)	
Frutales	390	1,9	19.808	98,1	20.198
Forrajeras	4.568	75,1	1.514	24,9	6.082
Cereales	3.296	58,8	2.306	41,2	5.602
Hortalizas	4.013	83,3	802	16,7	4.815
Vides	144	6,5	2.082	93,5	2.226
Leguminosas y tubérculos	1.294	76,9	388	23,1	1.681
Praderas	1.408	90,0	156	10,0	1.564
Semilleros	1.218	78,4	336	21,6	1.554
Viveros	4	5,5	72	94,5	76
Cultivos Industriales	60	85,7	10	14,3	70
Flores de corte	0	0,8	5	99,2	5
Total, Provincia Melipilla	16.395	37,4	27.479	62,6	43.874

Fuente: elaboración propia en base a VIII Censo Agropecuario y Forestal (INE 2021).

La figura 5 muestra el promedio de superficie predial para cada rubro y su nivel de tecnificación en la Región Metropolitana, donde se aprecia que los rubros con mayor incorporación de riego tecnificado tienen perfiles de superficie muy distintos, desde 26 ha en frutales hasta 57 ha en vides. Aquí se aprecia que las vides, que solo ocupan el 5 % de la superficie regada regional y un 2,7 % de todas las unidades censadas, representan explotaciones de gran tamaño y alto nivel de tecnificación. Los valores intermedios de tecnificación, entre 50 % y 80 %, corresponden a superficies menores de cultivos industriales y viveros, con superficie entre 3 y 10 ha. Todos los cultivos con menos de 45 % de tecnificación se encuentran por debajo de las 17 ha.

Figura 5. Relación entre tamaño unidad productiva y tecnificación de riego por tipo de cultivo en Región Metropolitana según CAF 2021



Fuente: elaboración propia en base a VIII Censo Agropecuario y Forestal (INE 2021).

En el rubro frutícola regional, que según el Censo Agropecuario de 2021 representa el 15 % de la superficie frutícola nacional, se puede apreciar una tendencia de mayor tecnificación en explotaciones de mayor tamaño. El Catastro Frutícola regional 2020 muestra que los bloques⁴ catastrados que presentan riego tecnificado son significativamente más grandes que aquellos con riego tradicional, en un 101% para el total regional y 235 % para la Provincia de Melipilla.

Tabla 4. Superficie de los bloques frutícolas catastrados en Región Metropolitana y Provincia de Melipilla según sistema de riego

Tipo de riego	N° bloques catastrados	Total superficie (ha)	Promedio superficie por bloque (ha)	Mínimo de superficie por bloque (ha)	Máximo de superficie por bloque (ha)
Región Metropolitana	16.515	54.661	3,3	0,01	272,7
No tecnificado	4.098	7.713	1,9	0,01	33,8
Tecnificado	12.417	46.948	3,8	0,01	272,7
Provincia de Melipilla	6.537	24.625	3,8	0,01	272,7
No tecnificado	691	839	1,2	0,02	11,4
Tecnificado	5.846	23.785	4,1	0,01	272,7

Fuente: elaboración propia en base a Catastro Frutícola CIREN-ODEPA 2020,

⁴ Unidad geográfica mínima que incluye especie, variedad, año de plantación, número de árboles, sistemas de conducción y métodos de riego. No es sinónimo de huerto o informante, ya que cada uno de ellos puede incluir más de 1 bloque.



A un nivel más global, la Encuesta de Innovación y Desarrollo 2020 realizada por el Ministerio de Ciencia (que incluye un 6 % de empresas del sector silvoagropecuario dentro del total de empresas encuestadas) ratifica que de manera general las empresas de mayor tamaño son más proclives que las pequeñas a realizar acciones y destinar presupuesto a I+D. Los resultados indican que el 35 % de las pequeñas y microempresas realizaron alguna acción de I+D, mientras que en las medianas y grandes alcanza el 44 %. Por su parte, la Encuesta Nacional de Innovación (ENI) 2017/2018 (que incluye un 6 % de empresas del sector silvoagropecuario dentro del total de empresas encuestadas) muestra que el 12 % de las pequeñas empresas realizan innovaciones, mientras que en las medianas y grandes la tasa de innovación llega al 23 %.

En consecuencia, es posible afirmar que las pequeñas empresas agrícolas tienen una menor tasa de incorporación de innovaciones en tecnologías de riego que aquellas de mayor tamaño, para todos los tipos de cultivo, así como una tendencia general a una menor tecnificación de los rubros tradicionales (cereales, hortalizas). A lo anterior se agrega que la eficiencia de los sistemas de riego tecnificado puede presentar altos grados de variación, desde a un 50 % a un 90 %, dependiendo de las condiciones de diseño, operación y mantenimiento, como se ha constatado especialmente en la pequeña agricultura.

Es así como el problema al cual responde el Programa es la baja incorporación de tecnologías de riego eficiente en la pequeña agricultura, y una correcta mantención y operación posterior de éstas, de manera adecuada a la realidad de estos productores.



► 2. Justificación y objetivos

Como resultado del diagnóstico sectorial, que evidenció la baja eficiencia en el uso del recurso hídrico para mitigar el impacto que genera la sequía en las actividades productivas dentro del territorio, se diseñó un proyecto para incrementar el nivel de conocimientos de los pequeños productores de la Agricultura Familiar (AF) de las comunas más afectadas por la sequía, acercándolos a nuevas tecnologías de riego para un uso más racional y eficiente de sus recursos hídricos.

Es así como los análisis y resultados que se presentan en esta publicación han sido desarrollados a partir de las experiencias y lecciones aprendidas de la ejecución de la consultoría financiada por FIA y el Gobierno Regional Metropolitano denominada “**Programa de Innovación en el uso eficiente del recurso hídrico para la pequeña agricultura de la provincia de Melipilla**” (Código ULC-2019-022), cuya finalidad fue **desarrollar e implementar un programa de innovación en transferencia de tecnologías de riego** orientado a lograr un **uso más eficiente** del recurso hídrico por parte de los pequeños productores de la provincia de Melipilla, y promover la **adopción de tecnologías** y mejores prácticas de riego.

El proyecto fue ejecutado por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) a través del Centro Regional de Investigación La Platina, quien dispuso un equipo de especialistas en riego de distintas regiones para abordar las actividades de capacitación y transferencia.

Cabe señalar que las pérdidas o ineficiencias del sistema de riego se relacionan con el manejo del agua y con las características físico-hídricas del suelo a regar. Entre los factores de manejo que influyen en la eficiencia de riego se encuentran el diseño del sistema, los caudales de riego utilizados, la frecuencia y el tiempo de riego empleado. Entre los factores del suelo destacan la velocidad de infiltración del agua, la capacidad de retención de agua, la densidad aparente, la profundidad del suelo y sus condiciones de estratificación (Antúnez y Felmer, 2009).

Todos los sistemas de riego presentan algún grado de ineficiencia, incluso aquellos de mayor tecnología, dependiendo de la conjunción de los factores antes mencionados. Por lo tanto, para aumentar la eficiencia no es suficiente con instalar un sistema de riego tecnificado, sino que este debe ser operado correctamente y de acuerdo con las condiciones del suelo y el cultivo. La siguiente tabla indica los rangos de eficiencia de los distintos sistemas.

Tabla 5. Eficiencia de aplicación para diferentes métodos de riego

Métodos de riego	Rango de eficiencia de aplicación (%)
Superficial	
Riego tradicional o tendido	10-30
Riego en curvas de nivel	30-60
Riego por bordes	40-80
Riego por surcos	40-85
Riego por surcos con pulsos	60-80
Presurizado	
Riego por aspersión	50-90
Riego por microjet	60-95
Riego por goteo	65-95

Fuente: Alejandro Antúnez – INIA 2022.

Como puede apreciarse, un sistema de riego tradicional tan común como el riego por surco, si está bien diseñado y manejado, puede alcanzar una eficiencia cercana al óptimo de los sistemas presurizados. Sin embargo, la experiencia indica que los sistemas tradicionales operan con eficiencia más cercana a su límite inferior teórico, por lo que la incorporación de riego tecnificado generalmente lleva consigo incrementos relevantes de la eficiencia.

La eficiencia de aplicación de agua determina directamente la superficie factible de regar sin causar déficit hídrico al cultivo (con disminución de rendimientos y calidad, o mayor susceptibilidad a plagas y enfermedades), así como evitar un riego excesivo, que produce pérdida de agua, energía, fertilizante y también afecta la calidad de la producción.

Respecto de la necesidad de promover la adopción de tecnologías y mejores prácticas de riego, a continuación se explican algunas de las causas que originan una menor adopción de riego tecnificado en la pequeña agricultura:

- Insuficiente conocimiento de las tecnologías disponibles por parte de los agricultores.** Un requisito fundamental para la adopción de la tecnología es darla a conocer, comunicar apropiadamente sus aplicaciones, costos y beneficios. Es así como la adquisición de un paquete tecnológico, sea en riego o en otros ámbitos, requiere de un gran esfuerzo en el fortalecimiento de la capacitación y acompañamiento de los productores que quieren usarlo en sus campos, evaluando y comunicando reiteradamente su adopción y resultados efectivos (Callejas-Rodríguez y Seguel, 2021). A nivel general, la ENI 2017/2018 (que incluye empresas silvoagropecuarias) mostró que un 2,98 % del total de empresas realizan actividades innovativas ligadas a capacitaciones necesarias para la introducción de innovaciones, en tanto que esto sube a 21,2 % en el caso de las empresas que declararon innovar. El 57,2 % de las empresas encuestadas declara que dentro de las dificultades u obstáculos que tienen para innovar es que no cuentan con personal calificado para ello,

y el 55 % de las empresas considera que existen factores vinculados al conocimiento, y específicamente a la información sobre las tecnologías disponibles, que dificultan la transferencia y adaptación de conocimientos hacia la empresa.

- **Insuficiente acompañamiento técnico en la operación y seguimiento de tecnologías de riego.** Además de la falta de conocimientos, los pequeños agricultores no cuentan con asesoría especializada en riego que les permita hacer un óptimo uso de los sistemas después de instalados.
- **Dificultad de acceder a recursos para implementación.** Si bien este aspecto es abordado a través de los instrumentos de fomento, principalmente INDAP-CNR, estos son acotados en montos, y además los pequeños productores están más expuestos a las fluctuaciones en los costos de los insumos y en los precios de sus productos.



► 3. Implementación del proyecto

El “Programa de innovación en el uso eficiente del recurso hídrico para la pequeña agricultura de la Región Metropolitana – Provincia Melipilla” surge de un convenio entre FIA y el Gobierno Regional Metropolitano de Santiago y se enmarca en el contexto del Programa de Infraestructura Rural para el Desarrollo Territorial (PIRDT) de la misma región. Este es un instrumento de inversión de carácter regional, que tiene por objetivo potenciar el desarrollo productivo y social en forma sostenible en comunidades rurales de ingresos bajos, con una media a baja concentración poblacional y con déficit en infraestructura. El PIRDT está basado en la premisa de que la inversión en infraestructura contribuye al desarrollo de las potencialidades productivas de los subterritorios.

Adicional a la temática de eficiencia hídrica, se incorporó una línea de capacitación en materia de gestión comercial y comportamiento del mercado, con el propósito de orientar la producción agrícola de acuerdo con la demanda actual y potencial de productos. Este componente fue desarrollado por la empresa GM2 Consultoría y Desarrollo Ltda., especializada en marketing y estrategias comerciales en el sector agroalimentario.

El proyecto se desarrolló entre agosto de 2019 y enero de 2022, debiendo adaptar la ejecución de sus actividades a las restricciones producto de la contingencia sanitaria, y su población objetivo fue un grupo de pequeños productores y campesinos, definidos como tal según la Ley Orgánica de INDAP, de los cuatro subterritorios del programa PIRDT: Alhué, María Pinto, Melipilla y San Pedro, que corresponden a 100 productores (de diferentes rubros) que fueron capacitados para un uso eficiente del recurso hídrico.

El programa se estructuró en torno a los siguientes objetivos específicos:

Línea Eficiencia Hídrica

- Generar, al interior de la AFC, capacidades técnicas y de gestión que le permita obtener la máxima productividad en el uso de los recursos hídricos disponibles y por disponer, a través de la transferencia de tecnologías de riego eficiente y racional.
- Dar a conocer los tipos de innovación tecnológica que existen en torno al uso eficiente del recurso hídrico (captación, conducción, almacenamiento, distribución y reutilización de agua) en otros sectores de Chile y que tengan factibilidad de implementarse en las localidades productivas.

Línea Comercialización

- Capacitar a los productores de la AFC en aspectos de comportamientos de mercado, con el propósito de orientar la producción agrícola de acuerdo con la demanda actual y potencial de productos.
- Identificar oportunidades comerciales de nicho para los productores beneficiarios del territorio.

La metodología y etapas que conformaron el programa fueron las siguientes:

3.1. Elección de beneficiarios de la transferencia

Se procedió a identificar agricultores en cada uno de los 4 subterritorios participantes, con el apoyo de personal de los Programas PRODESAL de la Provincia de Melipilla. Se realizó difusión de los objetivos del programa, para luego conformar los Grupos de Transferencia Tecnológica (GTT) de acuerdo con la adhesión voluntaria de los agricultores. Los GTT se constituyeron de la siguiente forma:

- Alhué: 25 agricultores
- María Pinto: 25 agricultores
- Melipilla: 22 agricultores
- San Pedro: 25 agricultores

Para la selección de los establecimientos educacionales en los mismos subterritorios, se tomó en consideración que tuvieran derechos de agua debidamente inscritos, espacio suficiente para la instalación de unidades demostrativas y que dictaran la especialidad agrícola, o en su defecto, que contaran con talleres o actividades relacionadas con la agricultura. De este modo, se seleccionaron los siguientes establecimientos educacionales:

- Escuela Hacienda Alhué – Alhué: 19 estudiantes entre Sexto y Octavo Básico.
- Liceo Municipal Polivalente María Pinto – María Pinto: 26 estudiantes entre Segundo y Cuarto año de Enseñanza Media.
- Liceo Politécnico Municipal Melipilla – Melipilla: 21 estudiantes entre Segundo y Cuarto año de Enseñanza Media.
- Escuela Enrique Reymond Aldunate - San Pedro: 30 estudiantes entre Sexto y Octavo Básico.

Cada establecimiento educacional firmó un convenio de colaboración con INIA para asegurar su compromiso de participación, el cuidado y mantención del sistema de riego implementado, poner a disposición la unidad para actividades de capacitación a agricultores,

y la integración de la unidad piloto dentro de sus actividades docentes para sostener en el tiempo la inversión realizada.

3.2. Diagnóstico de sistemas de riego de agricultores

Se aplicó un diagnóstico y lista de chequeo a los sistemas de riego de un total de 100 agricultores, (25 de cada subterritorio) para caracterizar la situación y problemas en el diseño, mantención y operación de sistemas de riego. Para ello se realizaron dos tipos de evaluaciones diferenciadas dependiendo de la realidad de los agricultores:

- Agricultores con riego superficial (surcos): se inspeccionó una calicata y se tomaron muestras de suelo y agua para análisis en laboratorio, a partir de lo cual se entregó un informe de la factibilidad de instalar un sistema de riego presurizado.
- Agricultores con sistema de riego tecnificado: evaluación integral del sistema, considerando antecedentes generales (tipo de energía, financiamiento, participación, labores de mantención), y evaluación de funcionamiento del sistema. Para ello se evaluó el equipo de riego mediante inspección visual de cada uno de sus componentes, así como el estado de estos analizando el equipo de bombeo, sistema de inyección de fertilizantes, sistemas de filtraje de agua, elementos de purga de aire y control de presión.

Una vez realizada la inspección visual, se procedió a evaluar la funcionalidad del sistema operando en el sector crítico, con el fin de medir la presión de operación de las laterales de riego y la determinación del Coeficiente de Uniformidad de riego. La condición del sistema se califica mediante un semáforo (rojo = estado crítico, amarillo = estado intermedio, verde = estado óptimo) de modo de representar de forma gráfica y didáctica el estado de cada elemento evaluado.

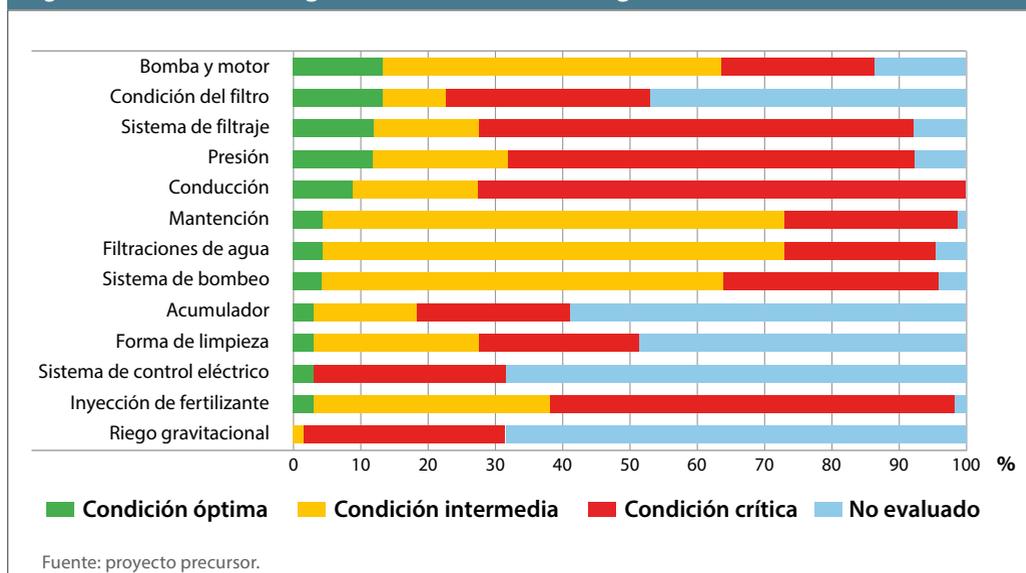
Tabla 6. Distribución agricultores evaluados según subterritorio y sistema de riego

Tipo sistema riego	Subterritorios				Total, Provincia
	María Pinto	Melipilla	San Pedro	Alhué	
Gravitacional	9	13	2	10	34
Presurizado	16	12	23	15	66
Total	25	25	25	25	100

Fuente: proyecto precursor.

El diagnóstico expuso que las principales debilidades en los 4 grupos evaluados se encontraron en los **sistemas de conducción del agua de riego, sistemas de filtraje y su mantención, así como problemas de presión e inyección de fertilizantes**, detectándose que **sobre el 50% de los sistemas de riego se encontraba en una condición crítica**.

Figura 6. Resultados diagnóstico condición del riego en los 4 territorios evaluados



De manera transversal se detectaron problemas de diseño, asociados principalmente a la autoconstrucción, así como problemas de mantenimiento que generan desgaste de los componentes. Si bien existen casos de autoconstrucción que operan en buenas condiciones, la mayoría de ellos evidenció problemas de diseño y operación asociados a falta de componentes, malas instalaciones y una falta de conocimiento en cómo operar de manera adecuada el equipo instalado.

En cada una de las dimensiones analizadas pudieron obtenerse las siguientes observaciones:

Brechas de diseño:

- El 85 % de las obras de riego evaluadas fueron autoconstruidas.
- Sobre un 85 % inyección de fertilizantes y sistemas de conducción en estado crítico o intermedio.
- Cercano al 60 % de sistemas de bombeo con problemas de ineficiencia.

Brechas de operación:

- Sobre 90 % presión de operación inadecuada asociada a un alto porcentaje de filtraciones de agua.
- Cercano al 85 % de sistemas de filtraje operando en rangos inadecuados de presión.

Brechas de mantenimiento:

- El 95 % de los agricultores evaluados presentaron falta de un plan de mantenimiento de los componentes del sistema de riego.



Aplicación de diagnóstico en sistemas de riego agrícolas

En general, tanto de la aplicación de la lista de chequeo como de los testimonios de los propios agricultores, se desprende que existe falta de capacitación y acompañamiento en el proceso de transición de un sistema de riego tradicional a uno tecnificado, aun cuando las inversiones hayan contado con apoyo financiero.

A partir de los diagnósticos, se entregó a cada agricultor un informe de recomendaciones de mejora, el cual fue explicado por el especialista en riego.

3.3. Diseño de unidades demostrativas

A partir de la línea base levantada en el diagnóstico, se definieron las necesidades de capacitación de cada uno de los territorios y las tecnologías a implementar en cada unidad demostrativa de los establecimientos educacionales. Estas unidades tuvieron por objetivo demostrar la operación, manejo y mantención de un sistema de riego y servir de laboratorio práctico para capacitaciones, en formato “aprender haciendo”.

El diseño agronómico e hidráulico de las unidades demostrativas consideró la instalación de un sistema de riego tecnificado completamente operativo, junto con soluciones tecnológicas orientadas a disminuir los consumos hídricos y energéticos, dada la escasez hídrica que afecta transversalmente el territorio. Se buscó también aprovechar de la mejor manera los espacios destinados a la producción y el uso de energía fotovoltaica, con el fin de disminuir los costos de producción y disminuir su impacto medioambiental. Los diseños hidráulicos de cada unidad demostrativa fueron aprobados por el Departamento de Fomento de la Comisión Nacional de Riego (CNR).

Las unidades demostrativas fueron entregadas a cada establecimiento en diciembre de 2021, realizando la capacitación a docentes y personal de apoyo para su operación y mantenimiento. A continuación, se describen los cuatro modelos implementados:

a) Escuela Hacienda Alhué

La escuela contaba con un invernadero para la producción de hortalizas, el cual fue refaccionado, y un sistema de recolección y tratamiento de aguas grises que se utilizaba para riego. Tomando en consideración la condición de escasez hídrica de la comuna, cuyos efectos también se han hecho notar en el establecimiento, el foco de esta unidad demostrativa fue la implementación de unidades de hidroponía (NFT y raíz flotante), y riego con cinta bajo invernadero para la producción de hortalizas de hoja y de fruto.

Se instaló un sistema de riego automatizado que incluye:

- Caseta de riego: construcción radier, cierre perimetral con malla acma, plancha de zinc, puerta con candado, tablero eléctrico (automáticos, diferencial, relé térmico, guardamotor).
- Cabezal riego: instalación de bomba anclada, inyección de fertilizantes con Venturi, acumulador de agua, más humificador.

Unidad demostrativa Alhué



b) Liceo Municipal Polivalente, María Pinto

En base a lo existente en el establecimiento, se planteó un diseño de riego para 4 sectores de hortalizas y uno de frutales. Para el caso de hortalizas se consideró los cultivos más representativos de la comuna (tomate y lechuga). En el caso del sector de frutales, existían 4 hileras ya establecidas de manzanos y perales.

Se instaló el sistema de riego automatizado para esta unidad que contempló:

- Caseta de riego: construcción radier, cierre perimetral con malla acma, plancha de zinc, puerta con candado, tablero eléctrico (automáticos, diferencial, relé térmico, guardamotor).
- Cabezal riego: instalación de bomba anclada, inyección de fertilizantes con Venturi, sistema de retrolavado manual, caudalímetro.
- Matriz y sub matriz: sectorización, instalación de chicotes, construcción de válvulas y pretapado.

Unidad demostrativa María Pinto



c) Liceo Politécnico Municipal, Melipilla

En base a lo existente en la parcela del establecimiento, se realizó el diseño de riego para 4 sectores de hortalizas y 2 de frutales. Para el caso de hortalizas se diseñó pensando en los cultivos más representativos de la comuna (tomate y lechuga); en el caso del sector de frutales, se establecieron dos sectores para nogales.

Se instaló el sistema de riego automatizado para esta unidad que incluyó:

- Caseta de riego: construcción radier, cierre perimetral con malla acma, plancha de zinc, puerta con candado, tablero eléctrico (automáticos, diferencial, relé térmico, guardamotor).
- Cabezal riego: instalación de bomba anclada, inyección de fertilizantes con Venturi, sistema de retrolavado manual, caudalímetro.
- Matriz y sub matriz: sectorización, instalación de chicotes, construcción de válvulas y pretapado.

Unidad demostrativa Melipilla



d) Escuela Enrique Reymond, San Pedro

Dado la condición de escasez hídrica que afecta la comuna por descenso del nivel estático de la napa y la importancia de la producción de frutillas en la zona, el diseño de esta unidad demostrativa se enfocó en la construcción de un nuevo invernadero, junto a la implementación de sistemas de producción hidropónica de alta densidad y un sistema de control de temperatura a través de nebulización de alta presión.

Se instaló un invernadero tipo túnel de 7 x 15 metros de superficie, y que cuenta con las siguientes características:

- Sistema estructural (mediante perfilera galvanizada en caliente por inmersión).
- Sistema de cobertura mediante film, pentacapa, con filtro ultravioleta, antigoteo, y 150 micrones de espesor.
- Sistema de ventilación lateral motorizada con malla antiáfida de 32 mesh.
- Sistema de producción con sustrato de fibra de coco, perlita y turba, en canaleta de PVC tipo “v”, con canal de recolección de drenaje y recirculación de solución nutritiva.
- Estanque de acumulación y fertilización de 1.000 litros enterrado, un equipo de bombeo monofásico y presostato, sistema de inyección auxiliar tipo Venturi y filtro de malla.
- Sistema de recirculación de agua en PVC de 32 mm, y cintas de riego con goteros a 15 cm.
- Un sistema de humidificación de alta presión con boquillas a 1,5 metros, una bomba de alta presión, filtros de partículas, filtro UV y un tablero de control.
- Solución nutritiva para 5.000 litros de aplicación para el cultivo de frutilla.

Se instaló una caseta de riego construida sobre una base de hormigón, construida en fierro y con un cierre perimetral de lata y malla, y con un tablero eléctrico de control general.

Unidad demostrativa San Pedro



3.4. Ejecución de actividades de capacitación

Luego de realizado el diagnóstico, se realizó un taller con los agricultores en cada subterrito-rio con el fin de priorizar de forma participativa las temáticas de mayor interés para ser abordadas en las actividades de capacitación.

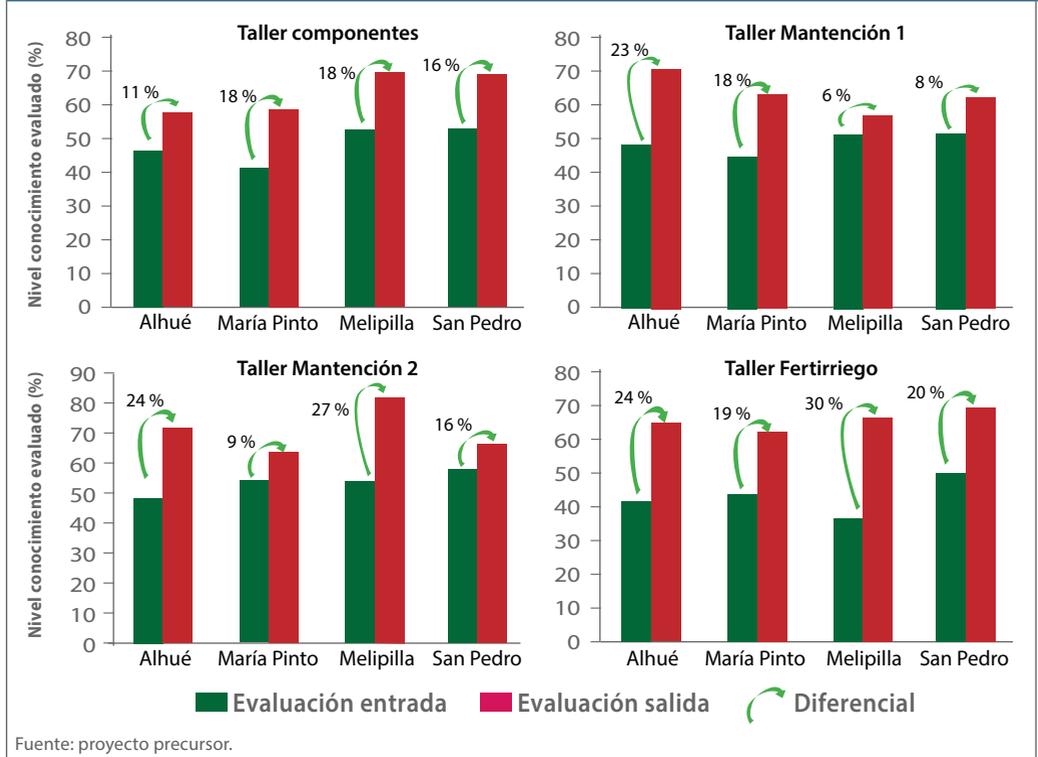
En base a las preferencias de los agricultores y los resultados del proceso de diagnóstico, se diseñaron cuatro talleres transversales por territorio, con distintos tópicos de riego orienta-dos a mejorar las competencias de los agricultores en cuanto a diseño, operación y manten-i-ción de sistemas de riego tecnificado, los cuales corresponden a:

- **Componentes del sistema de riego:** su objetivo fue introducir los criterios básicos de diseño de un sistema de riego junto con la importancia y justificación de cada uno de los componentes del sistema.
- **Mantenimiento 1 en sistemas de riego localizado:** relacionado con las labores de manten-i-ción asociadas al cabezal de riego y componentes al interior de la caseta de riego.
- **Mantenimiento 2 en sistemas de riego localizado:** relacionado con las labores de manten-i-ción de los componentes de conducción y distribución de agua en los sistemas de riego.
- **Sistemas de inyección de fertilizantes en sistemas de riego presurizado:** su objetivo fue entregar las características básicas de los sistemas de fertirrigación, así como el mane-jo de dosis y productos asociados a un buen manejo de esta técnica.

En cada uno de los talleres realizados en modalidad teórica/práctica, se realizaron evaluaciones de entrada y salida, con el fin de medir la adopción de conocimientos por parte de los asistentes. Los resultados mostraron que en el taller de componentes de riego el nivel de conocimiento sobre el tema subió un promedio de 15 %, mantenimiento de sistemas de riego parte 1 subió en promedio un 7 % (con alto nivel de dispersión), mantenimiento de sistemas de riego parte 2 aumentó en promedio un 17 % (con alto nivel de dispersión), y fertirrigación obtuvo el mayor incremento con un 23 %, probablemente asociado al bajo nivel de conocimiento inicial en la temática.



Figura 7. Resultados de evaluación conocimiento de agricultores en talleres de capacitación



Capacitación Mantenición de sistemas de riego 2, Melipilla.





Capacitación Mantenimiento de sistemas de riego 2, Alhué.



Capacitación Mantenimiento de sistemas de riego 2, San Pedro.

Capacitación Mantenimiento de sistemas de riego I, María Pinto.





Talleres de capacitación mantención de sistemas de riego 1, San Pedro.



En cuanto al programa de capacitación de alumnos y docentes, se trabajó en un programa de formación dependiendo del nivel de enseñanza (básica o media), cuyos objetivos y modalidad fueron:

- **Enseñanza Básica:** actividad teórica/práctica de riego gravitacional. Esta actividad tuvo por objetivo que los alumnos pudieran construir un sistema de riego gravitacional, a través de una maqueta utilizando vasos, macetas y mangueras, colocando semillas para la germinación.
- **Enseñanza Media:** actividad teórica/práctica de componentes de riego presurizado y su importancia. Se presentó en terreno los distintos componentes de riego establecidos en la unidad demostrativa, su función y cómo se debe realizar una mantención adecuada del sistema.

Se alcanzó un total de 89 alumnos capacitados en las cuatro comunas, con las dificultades propias por la contingencia sanitaria, puesto que la asistencia a los centros educacionales era voluntaria.

Actividad de capacitación de alumnos y profesores de la Escuela Enrique Reymond Aldunate.



Resultados y aprendizajes del proyecto

► 1. Soluciones tecnológicas propuestas

Como resultado del proceso de diagnóstico se desarrolló una propuesta de las soluciones tecnológicas en torno al uso eficiente del recurso hídrico, que sean posibles de implementar por los agricultores de la AFC de la Región Metropolitana. Las alternativas tecnológicas propuestas corresponden a aquellas que pueden resolver las problemáticas detectadas en el levantamiento de brechas tecnológicas, en el marco de las cuales se priorizaron 3 temáticas:

- **Reducción directa del uso de recursos (agua y energía):** temática que responde de manera transversal a las realidades evaluadas en los 4 territorios. Tomando en consideración el tipo de cultivos, condiciones de restricción hídrica e impacto productivo, el sistema de recirculación hidropónico bajo invernadero es una tecnología aplicable para cerca del 70 % de los agricultores evaluados.
- **Mejora de la capacidad de gestión de los recursos (agua y energía):** la utilización de sensores remotos y la formulación de calendarios de riego es una opción que presenta una inversión casi nula, y puede ser abarcada mediante capacitaciones y acompañamiento por parte del equipo INIA que ejecuta este programa, así como por el equipo del Programa de Desarrollo Local (PRODESAL). Dentro de estas alternativas se priorizó la utilización de la Red Agrometeorológica Nacional (AGROMET) y el uso de la Plataforma Agrícola Satelital de Chile (PLAS),⁵ que permite a los agricultores generar programas de riego en base a la variabilidad atmosférica.
- **Aumento o mejora de la disponibilidad de recursos (agua y energía):** dentro de las alternativas propuestas en esta temática la que presentó mayor interés por parte de los

⁵ La Plataforma PLAS permite mediante el uso de imágenes satelitales la estimación de distintos parámetros de interés para la programación de riego, tales como Coeficiente de Cultivo (Kc) y Evapotranspiración del Cultivo de Referencia (ET_o); mientras que la red AGROMET es una herramienta para apoyo de las decisiones de riego, ya que entrega variables climáticas tales como precipitación y ET_o.



agricultores fue la utilización de Energías Renovables No Convencionales (ERNC), en particular el uso de energía fotovoltaica. Es importante señalar que, si bien este tipo de tecnología ha sido ampliamente promovida en el sector agrícola, es una tecnología sub-utilizada en las localidades evaluadas en el programa.

Cabe señalar que todas las soluciones planteadas buscan responder a un aumento en la eficiencia del recurso hídrico y tienen una importancia transversal a todos los territorios intervenidos. En primer lugar, el establecimiento de cultivos hidropónicos obedece fuertemente a las prácticas productivas realizadas en la comuna de San Pedro, ya que existe un alto nivel de ineficiencia energética y bajo nivel de agua disponible para la producción de frutillas. En esta comuna sobre el 85 % de los sistemas de riego evaluados se abastece de fuentes de agua subterránea (con un nivel freático que en promedio se encuentra bajo los 80 metros), cuyo punto de captación se ubica a una distancia promedio de 300 metros del sector productivo. Al establecer un sistema hidropónico bajo invernadero, se reducen los requerimientos energéticos para garantizar el riego y fertilización de los cultivos, junto con aumentar la eficiencia de uso del recurso hídrico, ya que existe una recirculación de la solución nutritiva utilizada para regar.

Por otro lado, el uso de energía fotovoltaica permite generar una reducción de los costos productivos, junto con garantizar una fuente energética en lugares donde no existe disponibilidad de energía eléctrica convencional de forma estable. Al igual que la solución anteriormente descrita, esta temática tiene un impacto en todos los territorios intervenidos, ya que el porcentaje de beneficiarios que cuentan con paneles fotovoltaicos no supera el 10% de los casos evaluados

Finalmente, la tercera solución tecnológica planteada busca responder a la escasa programación de riego realizada en base a variables climáticas. Ninguno de los beneficiarios realiza programas de riego contemplando parámetros de evapotranspiración, definiendo tiempos y frecuencias de riego en base a como lo han realizado históricamente. Dado el escenario actual de cambio climático, en donde se proyecta un aumento de las temperaturas y de la evapotranspiración, así como una disminución de las precipitaciones, es importante que los agricultores cuenten con herramientas que les permitan conocer la demanda real de sus cultivos, de manera que puedan entregar la cantidad de agua necesaria y en el momento que el cultivo lo necesite. Es por esto que se plantean dos soluciones tecnológicas que busquen entregar herramientas a los agricultores para la visualización y programación de sus riegos.

La validación de las soluciones tecnológicas priorizadas fue realizada en un taller junto a los agricultores y equipos PRODESAL de cada comuna. Para amplificar la cantidad de asistentes a los talleres, estos se realizaron de manera presencial en cada subterritorio (en predios de agricultores o en salones habilitados), transmitiéndose de manera sincrónica a los beneficiarios de las otras comunas, con el fin de hacerlos partícipes tanto de la exposición como de la resolución de consultas.

Tabla 7. Talleres de tecnologías innovadoras realizados en provincia de Melipilla

Tópico capacitación	Localidad / Modalidad			
	María Pinto	Melipilla	Alhué	San Pedro
Plataforma PLAS	Presencial	Telemático	Telemático	Telemático
Paneles Solares	Telemático	Presencial	Telemático	Telemático
AGROMET	Telemático	Telemático	Presencial	Telemático
Hidroponía	Telemático	Telemático	Telemático	Presencial

Fuente: proyecto precursor.

Los talleres de capacitación, realizados entre agosto y noviembre de 2021, fueron dictados por especialistas de INIA con experiencia en la temática priorizada. Al final de cada taller se realizaron encuestas de satisfacción para que los asistentes indicaran su opinión respecto de la actividad y los conocimientos presentados, y para detectar oportunidades de mejora para futuras capacitaciones. En total, se logró capacitar a un total de 50 agricultores beneficiarios del proyecto y 9 profesionales de PRODESAL.



Taller de soluciones tecnológicas (energía fotovoltaica) desarrollado en la comuna de Melipilla.

Taller de soluciones tecnológicas (red AGROMET) desarrollado en la comuna de Alhué



► 2. Estado actual de unidades demostrativas

A continuación se describe el estado de las unidades demostrativas instaladas en los establecimientos educacionales y la valoración que los directivos tienen sobre el programa de transferencia, lo cual se evaluó mediante entrevistas y visitas a terreno realizadas entre agosto y octubre de 2022, después de terminado el proyecto.

a) Escuela Hacienda Alhué

Se implementó huerto en invernadero mejorado con variedad de hortalizas, donde han participado alumnos de todos los cursos, desde los más pequeños, en las labores de mantención. El principal aporte del huerto ha sido generar conciencia sobre el cuidado del agua, aprender sobre el funcionamiento de los sistemas vivos e integrarlo con otras disciplinas.

Se han presentado algunas dificultades que se han ido subsanando con recursos y capacidades propias, sin contar con especialistas en el área agronómica, ya que no es una escuela técnica. Sin embargo, valoran el huerto como herramienta pedagógica, por lo que tienen considerado mantenerlo y mejorarlo para llegar a generar algunos productos para comercializar o para consumo de sus estudiantes.

Instalaciones Escuela Hacienda Alhué (octubre 2022)



b) Liceo Municipal Polivalente, María Pinto

El establecimiento tiene operativos dos sectores para los cultivos, donde han rotado habas y otras hortalizas. Los alumnos participaron activamente en la instalación del sistema, y de forma regular tienen actividades prácticas donde aprenden el manejo de la bomba, los componentes del sistema y su operación.

El liceo cuenta con varias unidades demostrativas agropecuarias en distintas especialidades, por lo cual este proyecto les hizo un gran aporte para tener un sistema de riego mejorado que pueda servir como modelo no solo para los alumnos, sino también para agricultores de PRODESAL que han asistido a las capacitaciones.

Instalaciones Liceo Municipal Polivalente, María Pinto (octubre 2022).



c) Liceo Politécnico Municipal, Melipilla

En el proyecto se contempló una caseta de riego y líneas principales para los cultivos, pero no se instaló totalmente porque el año 2021 la parcela no dispuso de agua para riego ni de personal para las labores necesarias. A eso se agrega que los estudiantes estaban en clases *on line*, por lo cual la parcela quedó prácticamente sin utilizar por varios meses.

En la actualidad el sistema de riego sigue sin operar, ya que aún no se cuenta con agua, y se requiere una importante inyección de recursos y personal para las labores de rehabilitación de la parcela (desmalezado y limpieza de canales, entre otras labores). El personal actual no tuvo mayor participación en el proyecto precursor, por lo cual no mantiene una relación con el ejecutor.

De igual forma los estudiantes reciben capacitación en terreno sobre los componentes de un sistema de riego y manejo de la bomba, pero sin que esta pueda ponerse en operación.

Instalaciones Liceo Politécnico, Melipilla (octubre 2022)



d) Escuela Enrique Reymond, San Pedro

A través del proyecto se instaló un invernadero hidropónico de frutillas de excelente diseño, el cual quedó a disposición de los estudiantes de enseñanza básica para el aprendizaje de las técnicas de riego y la mantención general del cultivo.

La escuela no es de carácter técnico, por lo que la vinculación con el tema es a través de su proyecto educativo ambiental. No cuenta con personal especialista del área agrícola, por lo cual el equipo docente ha debido capacitarse, con apoyo de INIA.

Pese a ello el proyecto se mantiene operativo, y con interés para servir como centro demostrativo para los productores de frutilla de la comuna.

Instalaciones Escuela Enrique Reymond, San Pedro (octubre 2022)



► 3. Adopción de tecnología por los agricultores

El proyecto precursor no incluyó una evaluación de la adopción efectiva de las tecnologías por parte de los agricultores. Sin embargo, en el proceso de entrevistas y valoración posterior se han recopilado algunos testimonios de agricultores sobre los aspectos que pudieron mejorar y los eventuales cambios generados a nivel de eficiencia de su sistema productivo. En la siguiente tabla se sistematizan los relatos de los agricultores entrevistados, todos los cuales tuvieron una alta asistencia a las actividades de capacitación.



Tabla 8. Adopción de cambios tecnológicos y sus resultados en agricultores participantes del programa

Nº	Ubicación y tipo de agricultor	Mejoras implementadas y sus resultados
1	Alhué, lechuga, con riego tecnificado	Implementó Venturi para fertirriego, con buenos resultados. Valora especialmente aprender a estimar tiempo y frecuencia de riego
2	Alhué, frutales, con riego tecnificado	Implementó Venturi para fertirriego, no tuvo buen resultado
3	Alhué, nogales, con riego tecnificado	Realiza limpieza periódica de tranque acumulador según indicaciones. Otras mejoras requieren recursos a los cuales no tiene acceso.
4	Alhué, tomate, con riego tecnificado	Realizó cambio de cintas en mal estado, redujo filtraciones. Otras mejoras requieren recursos y mano de obra a los cuales no tiene acceso. Valora especialmente aprender mantenimiento y limpieza del sistema.
5	San Pedro, frutilla, con riego tecnificado	Ajustó la presión del sistema según recomendaciones, obteniendo mejor control y uniformidad. Valora especialmente aprender sobre equipos de riego y su mantención.
6	San Pedro, frutilla, con riego tecnificado	Ajustó la presión del sistema según recomendaciones, obteniendo mejor control, uniformidad y mayor desarrollo de plantas.
7	San Pedro, frutilla, con riego tecnificado	Realizó limpieza de filtros e implementó bombeo de fertilizantes, consiguiendo menos obstrucciones, ahorro de agua y un riego más homogéneo
8	San Pedro, frutilla, con riego tecnificado	Incorporó algunos componentes faltantes en su sistema de riego que mejoran funcionamiento, ajustó programa de riego para una superficie más reducida.
9	María Pinto, hortalizas, sin riego tecnificado	Instaló riego tecnificado siguiendo criterios, consiguiendo un sistema más funcional y con menos horas de trabajo. Valora especialmente aprender sobre instalación de sistemas nuevos.
10	María Pinto, frutales, sin riego tecnificado	Controló algas en estanque, ajustó el diseño del sistema según recomendaciones para poder regar todo adecuadamente según capacidad de su bomba. Falta de recursos y de asesoría especialista constante para instalar riego tecnificado
11	María Pinto, multirubro, con riego tecnificado	Realizó algunas mejoras menores, otras requieren recursos a los cuales no tiene acceso. Valora especialmente aprender sobre instalación de sistemas nuevos y pozos.
12	María Pinto, multirubro, con riego tecnificado	Instaló nuevo riego tecnificado siguiendo criterios, consiguiendo un sistema más funcional y con menos horas de trabajo. Valora especialmente aprender sobre instalación de sistemas nuevos.
13	Melipilla, sin riego tecnificado	Ajustó tiempo de riego según recomendaciones.
14	Melipilla, nogales, con riego tecnificado	Controló algas en estanque y otras mejoras menores. Falta de asesoría especialista constante para implementar mejoras.

Fuente: elaboración propia.

Como conceptos generales, todos los agricultores entrevistados mostraron su satisfacción sobre el programa de capacitación y sobre la calidad de los relatores, manifestando su interés por seguir capacitándose. En general, se considera que en los servicios de asesoría a los que pertenecen (PRODESAL o SAT) reciben algún nivel de capacitación en riego, pero sin la profundidad del programa de INIA. Desde el punto de vista de la metodología, todos los entrevistados valoran positivamente que la capacitación sea tanto individual como en actividades grupales, para permitir el intercambio de experiencias entre los propios agricultores.

Predio de agricultor entrevistado en Melipilla, cultivo de nogales.



Predio de agricultor entrevistado en San Pedro, cultivo de frutilla.



► 4. Estrategia y componentes del Programa de Eficiencia Hídrica

Como resultado de las lecciones y aprendizajes realizados a partir del proyecto desarrollado, a continuación se describen los componentes sistematizados que fueron claves para el éxito de este tipo de iniciativas y que en consecuencia forman parte de la estrategia de intervención del Programa de Eficiencia Hídrica de INIA.

Cabe mencionar que, dado los buenos resultados de este primer proyecto, comenzó a replicarse en otras regiones del país. Con el apoyo de FIA y recursos de los gobiernos regionales, ya se han implementado y/o están en ejecución proyectos de transferencia en eficiencia hídrica de INIA, en las regiones de Valparaíso, O'Higgins, Maule, Ñuble y Biobío.

Dado lo anterior, la propuesta metodológica de la estrategia de intervención del Programa es, en términos generales, la misma para cada una de las regiones,⁶ con algunas particularidades de acuerdo con las características de los productores y rubros trabajados.

4.1. Componentes del Programa

a) Capacitación a estudiantes del área agrícola

Para este componente se seleccionan los establecimientos educacionales que cumplan con los requisitos en la zona o región de operación del programa. Una vez establecidos los convenios y compromisos institucionales, la entidad experta en conjunto con el equipo técnico y directivo del establecimiento educacional realizan el diseño de una unidad demostrativa que servirá como base para el aprendizaje práctico de los estudiantes, lo que se complementará con los fundamentos teóricos básicos de un sistema de riego y los contenidos específicos que serán definidos de común acuerdo con el establecimiento.

Las unidades demostrativas no necesariamente serán idénticas entre un establecimiento y otro, sino que deben buscar representar la realidad agro-productiva local. Se promoverá también la realización de ensayos y estudios comparativos entre cultivos o entre sistemas, de modo de formar también capacidades y actitudes en los estudiantes en investigación, registro y análisis de datos.

La entidad experta diseñará los instrumentos de evaluación del aprendizaje, sin perjuicio de los que el propio establecimiento disponga según su currículum y metodología de trabajo.

b) Capacitación a agricultores

Este componente irá directamente ligado a la capacitación a los estudiantes, pues las mismas unidades demostrativas serán la base para la capacitación de agricultores. Existe abundante respaldo teórico y evidencia empírica de que, en el mundo rural y con adultos, el esquema vertical profesor-alumno es habitualmente poco efectivo; el conocimiento se desarrolla en la interacción con los otros, en el trabajo grupal, horizontal, participativo, donde las opiniones de cada uno son respetadas y crean una pertenencia, un trabajo colaborativo y con beneficios colectivos (Holmberg y De la Barra, 2019). Por ende, la estrategia a utilizar se basará en los siguientes elementos:

- Aprender haciendo: capacitación basada en la demostración y experimentación en situaciones reales, donde cada agricultor pueda observar el desempeño de una cierta tarea por parte del especialista y ponerla en práctica.

⁶ Esto aplica a otros documentos de la Serie de FIA "Experiencias de Innovación para el Emprendimiento Agrario" que analizaron los resultados del Programa de eficiencia hídrica de INIA en las regiones de Valparaíso, O'Higgins y Maule.

- Valoración por el conocimiento previo: se promoverá el intercambio de información y experiencia entre el especialista, el agricultor y sus pares, de manera que haya una retroalimentación y análisis de los problemas, las prácticas que funcionan y el porqué de ellas.
- Contenidos priorizados en base a necesidades: la definición de los temas específicos a tratar será el resultado de la evaluación de la realidad productiva de los agricultores y sus brechas tecnológicas, dando espacio para la expresión de necesidades e intereses.
- Modalidad mixta individual y grupal: se elaborará un programa de actividades grupales a desarrollarse en la unidad demostrativa, para aprovechar las sinergias del trabajo en conjunto, con las visitas individuales para reforzar los conceptos de manera más directa. Eventualmente también podrían desarrollarse actividades en predios de agricultores, en centros demostrativos de la entidad experta o en otros lugares de interés.

c) Transferencia tecnológica a agricultores

En paralelo con la capacitación, la entidad experta dispondrá de especialistas que realizarán a cada agricultor un diagnóstico individual de brechas en materia de riego, a partir de lo cual se emitirá un informe de recomendaciones priorizando aquellos puntos más críticos, con acciones concretas y un plan de trabajo consensuado para su implementación. El especialista entregará la información necesaria para guiar al agricultor en la aplicación de estas mejoras, monitoreando de forma permanente su avance e investigando en los factores que favorecen o dificultan su adopción, incluyendo factores externos como la postulación a proyectos de inversión. Este análisis será una retroalimentación para el programa, que servirá como insumo para posibles articulaciones con otras entidades, para apoyar en aspectos de financiamiento, infraestructura comunitaria y derechos de agua, entre otros.

Es fundamental el registro de información predial para documentar los cambios tecnológicos y sus impactos en la eficiencia hídrica y productividad, de modo que esos antecedentes puedan ser compartidos entre los agricultores como casos de éxito. Es conocido el efecto de “imitación” en la adopción tecnológica, donde los “adoptadores tempranos” sirven como referente para que sus pares aprecien los costos y beneficios antes de decidirse a implementar cambios.

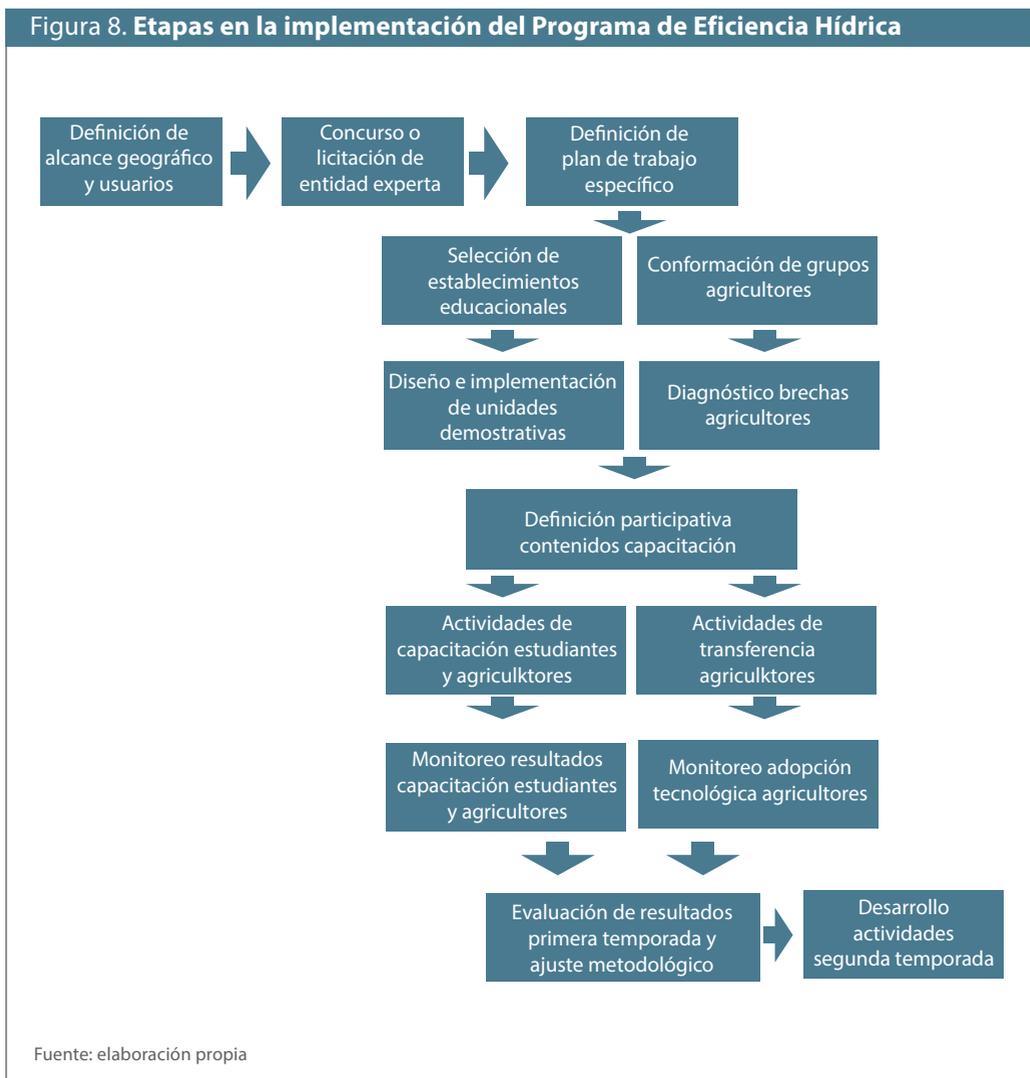
El equipo de especialistas deberá contar con competencias y experiencia comprobada en riego, guiarse por pautas de criterios comunes y utilizar los mismos instrumentos de diagnóstico y seguimiento, de modo que la información pueda ser sistematizada para efectos de comparación y análisis. Deberá procurarse una buena comunicación entre el transferencista y otros asesores que puedan trabajar con el productor (programas de INDAP, poder comprador, proveedores de insumos), de modo que las recomendaciones en materia de riego

armonicen con la información que el agricultor recibe de otras fuentes, evitando mensajes contradictorios.

Este proceso lleva implícito que se requiere un periodo suficiente para poder implementar mejoras y visualizar sus efectos, por lo cual un programa de este tipo no debería durar menos de 2 temporadas agrícolas.

4.2. Etapas para la implementación

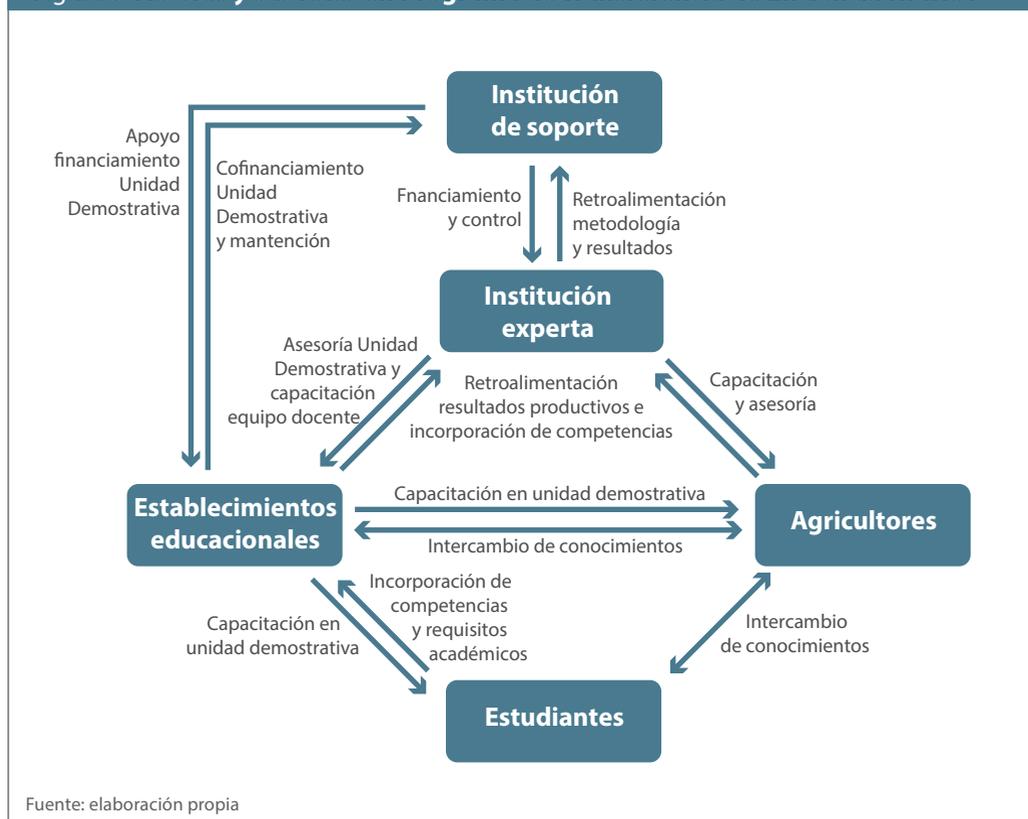
En la figura siguiente se presentan las etapas esquemáticas para el desarrollo de los componentes anteriormente descritos.



4.3. Actores relevantes y sus roles

El modelo implementado se basa en la interacción entre cuatro tipos de actores, de acuerdo con las competencias e intereses de cada uno, de modo que todos ellos contribuyen y se benefician del programa. A continuación se describe el perfil de cada uno de los actores del programa, y las responsabilidades y acciones que deberían tomar para el desarrollo de este.

Figura 9. Actores y sus roles en Programa de Transferencia de Eficiencia Hídrica



a) Entidad de soporte

El programa de capacitación y transferencia orientado a la pequeña agricultura debe contar con una institución que provea el financiamiento basal para su desarrollo, establezca los términos de referencia, plazos, objetivos y alcances de la iniciativa. Debe contar con capacidad para realizar seguimiento, retroalimentación y evaluación en todas las etapas del programa, incluyendo tanto el cumplimiento de actividades y productos inmediatos como su evaluación posterior con una perspectiva de mediano a largo plazo.

Considerando la naturaleza de la temática, que surge como una visión a nivel nacional orientada a disminuir la vulnerabilidad de la pequeña agricultura en un escenario de cam-

bio climático, este rol debería ser asumido por una institución de carácter público, coherente con la característica de “bienes públicos” de sus objetivos y resultados esperados.

El **Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP)** surge como candidato lógico para ejercer este rol, tanto por su orientación a la agricultura familiar campesina (que en conjunto abarca el mayor número de agricultores del país y con las mayores brechas en eficiencia hídrica), así como por su robusto arsenal de instrumentos de fomento.

La institución tiene “Riego” como una de sus líneas de acción, que incluye diversos programas relacionados con obras de riego y drenaje, e incorporación de prácticas sustentables, como son:

- Programa de Obras Menores de Riego (PROMR).
- Programa Sistema de Incentivos para la Sustentabilidad Agroambiental de los Suelos Agropecuarios (SIRSD-S).
- Programa de estudios de riego y drenaje.
- Programa de Riego Intrapredial - PRI.
- Programa de Riego Asociativo - PARA.
- Crédito largo plazo enlace de obras riego y drenaje.

En materia de capacitación, cuenta con el Convenio INDAP-SENCE, que podría articularse con la demanda específica por formación en eficiencia hídrica. A lo anterior se suman los programas de asesoría técnica donde se destinan recursos para la contratación de profesionales que realizan asesorías permanentes en diversos ámbitos productivos. Los instrumentos de INDAP que incluyen asesoría técnica son:

- Servicio de Asesoría Técnica - SAT.
- Programa de Desarrollo Local - PRODESAL.
- Programa Mujeres Rurales (Convenio INDAP - PRODEMU).
- Programa asesoría técnica especializada y gestión comercial.
- Programa de Alianzas Productivas (PAP).
- Programa de desarrollo territorial indígena INDAP- CONADI (PDTI).
- Programa Mujeres Rurales (Convenio INDAP - PRODEMU).

Estos programas de asesoría pueden tener carácter general o enfocarse en algunas temáticas priorizadas según programa y grupo objetivo, por lo cual el riego y la eficiencia hídrica deberían estar incluidos específicamente en el respectivo plan de trabajo para poder ser abordado con la profundidad requerida. Este aspecto resulta fundamental, puesto que de esta forma la entidad de soporte no solo podría aportar en el financiamiento de la capacitación, sino también en el acompañamiento permanente para la adopción de las tecnologías y la evaluación de los resultados, lo que incrementaría significativamente el impacto del programa. La asesoría se brinda mediante la contratación de profesionales externos o empresas prestadoras del servicio, por lo cual podrían utilizarse estos instrumentos de fomento

para generar vinculaciones de largo plazo con una entidad experta, que además de entregar la capacitación inicial pueda acompañar y monitorear la adopción de tecnologías, cuyo financiamiento podría articularse con los mismos instrumentos de INDAP. De este modo se produciría un círculo virtuoso, puesto que las postulaciones a proyectos de riego tendrían un mayor sustento técnico y contarían con un adecuado seguimiento, lo que generaría un mayor retorno social, económico y ambiental a la inversión pública.

Otra institución pública de alta pertinencia técnica en la materia es la **Comisión Nacional de Riego (CNR)**, que tiene la misión de administrar la Ley N°18.450 (Ley de Riego), a través de un sistema de concursos con el objetivo de bonificar las obras de riego presentadas por agricultores, con el fin de contribuir a su desarrollo y bienestar, y a incrementar y mejorar la superficie regada del país usando eficientemente el recurso hídrico. Por ende, su rol es principalmente financiar inversiones en riego, no así la mantención u operación de ellas. Incluye entre sus objetivos estratégicos la participación de la agricultura familiar campesina, para lo cual se vincula con INDAP, y dispone también de instancias de capacitación para agricultores y consultores. Dada su naturaleza, su rol en forma directa podría materializarse a través del apoyo al financiamiento de la capacitación de agricultores (en forma directa o a través de la contratación de especialistas) y al financiamiento de obras de riego con respaldo técnico de la entidad experta que realiza la capacitación y diagnóstico.

El seguimiento y apoyo en la operación y mantención de los sistemas de riego implementados no se encuentra dentro de las labores que actualmente realiza. El apoyo técnico que ofrece la CNR consiste en mantener un Registro de Consultores y en exigir el acompañamiento de un consultor para la presentación de los proyectos. Pese a que estos consultores se encuentran acreditados, se constata que en el periodo 2015-2018, de los 15.845 proyectos postulados, el 52 % son rechazados y de ellos, 22,6 % son no admitidos. Esta situación favorece la generación de un pequeño grupo de consultores calificados con nota A (máxima evaluación otorgada a estos agentes), dado que se adjudican un gran número de proyectos y alcanzan altos niveles de bonificación (Cartes *et al*, 2019).

La **Corporación Nacional de Desarrollo Indígena (CONADI)** cuenta con el Fondo de Tierras y Aguas Indígenas, que tiene su origen en la Ley 19.253 de 1993, artículo 20 letra C, cuyo objeto es financiar la constitución, regularización o compra de derechos de aguas o financiar obras destinadas a obtener este recurso. A través de concursos, los postulantes (personas o comunidades indígenas) pueden obtener financiamiento para construcción de sistemas de acumulación de agua, tecnificación, riego intrapredial, obras de acumulación, pozos profundos, mejoramiento de drenaje de suelos y reposición de equipos de riego, entre otros. Por lo tanto, sería análogo a los instrumentos de riego intrapredial de INDAP, pudiendo corresponder también al segmento de la agricultura familiar campesina. Mediante este fondo no se financia la operación o mantención de sistemas de riego, y no está disponible para todas las regiones del país.

Existen otras instituciones públicas ligadas a la gestión del agua que tienen alguna injerencia en el establecimiento de obras de riego intrapredial. La **Dirección de Obras Hidráulicas (DOH)** del Ministerio de Obras Públicas, en todas las capitales regionales, cumple el papel de secretaría ejecutiva de la Comisión Nacional de Riego, entregando información a los interesados sobre los concursos de riego. La Comisión Nacional de Riego delega en el **Servicio Agrícola y Ganadero (SAG)** algunas funciones establecidas en la Ley 18.450 y su Reglamento, como son la acreditación de las inversiones comprometidas en los proyectos construidos, registrar las transferencias de los predios en que se hubiere instalado elementos y equipos de riego mecánico adquiridos con la bonificación y susceptibles de ser trasladados, efectuar controles periódicos a los predios o sistemas de regadío en que deban encontrarse las obras, equipos y elementos de riego mecánico bonificadas, e informar a la CNR cuando los proyectos de riego o drenaje sean susceptibles de causar impacto ambiental en cualquiera de sus formas, entre otras labores.

La **Fundación para la Innovación Agraria (FIA)**, quien aportó el financiamiento a los proyectos precursores en eficiencia hídrica, cuenta con una alta afinidad temática con la materia, pues tiene entre sus lineamientos estratégicos la gestión sostenible de recursos hídricos, apoyando el desarrollo e implementación de innovaciones que contribuyan a mejorar la disponibilidad, la calidad y la eficiencia en el uso de los recursos hídricos para el sector silvoagropecuario chileno y la cadena agroalimentaria asociada, con un enfoque sostenible y de gestión integrada. Como pilares de acción incluye el desarrollo de capacidades para innovar y el impulso a la innovación a través de sus convocatorias de proyectos, giras, consultorías y eventos. Respecto a la orientación por tipo de beneficiario, la agricultura familiar campesina es un grupo priorizado, de acuerdo con los lineamientos del Ministerio de Agricultura y el Programa de Gobierno 2022-2026.

Por ende, FIA cuenta con respaldo institucional y capacidades técnicas y financieras para impulsar capacitación e implementación de tecnologías en eficiencia hídrica. Su modo de operación es esencialmente bajo la lógica de proyectos, con un alcance geográfico y temporal bien delimitado, por lo cual su estrategia para abordar un programa permanente de capacitación y transferencia sería mediante el apoyo de sucesivos proyectos en las distintas regiones del país.

Otras entidades públicas no focalizadas en el sector agrícola, como los **Gobiernos Regionales**, **CORFO** o **Municipalidades**, e instituciones centralizadas como el **Ministerio de Agricultura** directamente, podrían concurrir también en la gestión del programa de capacitación y transferencia, aportando recursos y generando vinculaciones entre los distintos actores. En tales casos, la operación del programa podría ser ejercida de forma directa por esas instituciones o delegar la gestión en una Secretaría Técnica externa, de carácter público o privado.



b) Entidad experta en tecnologías de riego

La entidad experta debe poner a disposición del programa un equipo de profesionales especialistas altamente calificados en las diversas temáticas del riego y la eficiencia hídrica, con conocimiento profundo de la realidad productiva de la zona en la cual se desarrolla el programa. Este equipo profesional será el encargado de realizar las actividades de capacitación y extensión tecnológica, ya sea mediante cursos, talleres, demostraciones, visitas prediales individuales y otras que se definan en el plan de trabajo. La definición de los contenidos de los módulos de capacitación debe ser establecida de forma participativa con los beneficiarios de la capacitación (agricultores, estudiantes y asesores, entre otros), por lo cual deben emplearse metodologías apropiadas para levantar las demandas y brechas atingentes a la zona donde se realiza el programa.

Además de las competencias técnicas, la entidad experta debe disponer de profesionales con experiencia en metodologías de extensionismo rural, de modo de facilitar la comunicación efectiva de los conocimientos y capacidades en un marco de respeto mutuo, inclusividad y valoración del saber local.

Estas características enunciadas tienen una alta coincidencia con la entidad que ejerció este rol en el proyecto precursor, el **Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA)**, institución de investigación, desarrollo e innovación vinculada al Ministerio de Agricultura. La sustentabilidad, extensión y formación de capacidades se encuentran entre sus desafíos estratégicos, por lo cual su pertenencia con la temática es directa. Cuenta con personal altamente capacitado, presencia en todas las regiones y capacidad para ejecutar proyectos de gran envergadura, por lo cual es una institución idónea para ejercer como ejecutor técnico del programa.

Otras entidades pertinentes para esta función serían **Universidades** nacionales o extranjeras con presencia en Chile, **Institutos** o **Centros Tecnológicos** privados o asociados a uni-

versidades, que cuenten con equipo especializado en riego, capacitación y extensionismo tecnológico en el área.

El rol de esta entidad sería la operación del Programa, en base a los recursos aportados por la entidad de soporte, realizando las acciones de capacitación, transferencia y asesoría para la adopción tecnológica, tanto de agricultores, asesores, establecimientos educacionales y estudiantes, bajo la modalidad que el programa determine.

c) Establecimiento educativo

El rol de los establecimientos educacionales es el de brindar una plataforma para la formación de recursos humanos en base a una unidad demostrativa, sin necesariamente tener una orientación y escala comercial, pero con alto estándar técnico, de modo de servir como referente para el aprendizaje de técnicas eficientes en el manejo del riego, pertinentes a la realidad local. Esta unidad demostrativa debe servir para la capacitación de los propios alumnos, así como de agricultores, asesores y otros interesados en el entorno del establecimiento.

El establecimiento recibe financiamiento para la implementación de la unidad demostrativa, así como la asesoría de la entidad experta para el diseño agronómico e hidráulico, y debe comprometer el cofinanciamiento para la implementación, operación y mantención. Es fundamental que el establecimiento cuente con personal capacitado para estas labores y un sistema de trabajo que asegure su correcta mantención, incluso en la temporada estival donde no haya presencia de estudiantes.

La selección de los establecimientos debiera ser priorizada en **liceos de educación media técnico-profesional (EMTP)** que cuenten con **especialidades en el área silvoagropecuaria (EMTP-SAP)**, ello con el objetivo de incorporar capacidades de forma temprana, estimulando no solamente la adquisición de conocimientos técnicos, sino que también una conciencia en el uso racional del agua y los recursos naturales en general. De este modo, además de dotar a los estudiantes de herramientas para su empleabilidad o prosecución de estudios superiores, se contribuye tempranamente a formar agentes de cambio para una agricultura más eficiente y sustentable.

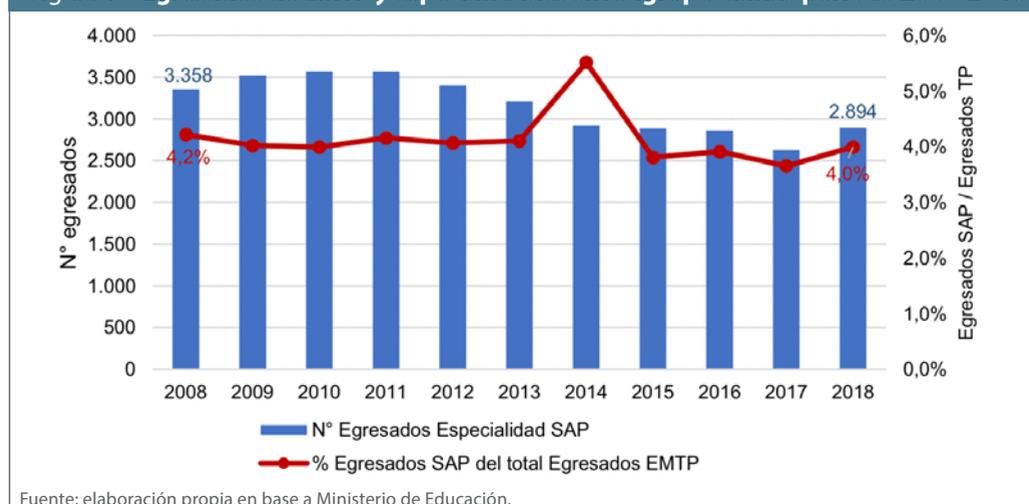
En la actualidad existen en Chile 934 establecimientos de EMTP para niños y jóvenes, de los cuales 142 cuentan con alguna especialidad silvoagropecuaria (agrícola, pecuaria o forestal). Existen en todas las regiones del país (con excepción de la Región de Magallanes), con mayor presencia en el Maule (22 % del total) y Araucanía (13 % del total). El número de establecimientos se ha visto reducido en la última década, desde 957 a 934 en el caso del total de los liceos de EMTP, y de 176 a 142 en el caso de los liceos EMTP-SAP, por lo cual la caída ha sido más significativa en estos últimos.

Tabla 9. Distribución regional de establecimientos de educación media técnico profesional, año 2022

Región	N° de establecimientos EMTP	N° de establecimientos EMTP especialidad SAP
Arica y Parinacota	14	4
Tarapacá	27	1
Antofagasta	22	1
Atacama	20	4
Coquimbo	42	9
Valparaíso	89	10
Metropolitana	287	9
O'Higgins	52	10
Maule	68	31
Ñuble	44	9
Biobío	76	12
Araucanía	78	19
Los Ríos	33	11
Los Lagos	64	11
Aysén	9	1
Magallanes	9	0
Total país	934	142

Fuente: elaboración propia en base a Ministerio de Educación <https://datosabiertos.mineduc.cl>

En el sistema de EMTP, durante el periodo 2008-2018, egresaron en promedio cerca de 77 mil estudiantes al año, de los cuales en promedio el 4,1 % pertenecen a alguna especialidad del área silvoagropecuaria. El número total de egresados, si bien presenta fluctuaciones anuales, presenta una tendencia relativamente constante, mientras que los egresados de las especialidades SAP muestran una ligera a la baja (-1,3 % promedio anual).

Figura 10. Egresados de EMTP y especialidades silvoagropecuarias periodo 2008-2018



La focalización en este tipo de establecimientos responde al necesario alineamiento del programa con un proyecto educativo, donde la instalación de una unidad demostrativa y la capacitación con especialistas sea realmente un aporte a la formación de los estudiantes, más que una actividad complementaria o extraescolar. De este modo se aumentan las probabilidades de que la infraestructura y equipos implementados se mantengan en el tiempo y sean utilizados con fines docentes de forma permanente.

La selección de los establecimientos participantes deberá basarse en criterios territoriales, en zonas predominantemente agrícolas, con una alta tasa de empleabilidad o continuidad de estudios de sus egresados en el sector agrícola, la posibilidad de cofinanciar la implementación (terreno, agua, infraestructura previa), el compromiso del equipo directivo y técnico y la disposición a generar una vinculación con la comunidad, especialmente con la pequeña agricultura. Este último aspecto podría ser el más débil actualmente, puesto que los establecimientos de EMTP se orientan a preparar a los jóvenes para el mundo laboral, donde la pequeña agricultura no es el segmento más demandante de mano de obra, dada la mayor presencia de trabajo familiar. Por ello, el programa debe incentivar a que el proyecto educativo de los establecimientos incluya una mayor dimensión social, incorporando a la pequeña agricultura como parte del ecosistema agro-productivo en que los liceos están inmersos.

Otro segmento de establecimientos educacionales que podrían integrarse al programa estaría constituido por aquellos que imparten enseñanza de **nivel técnico superior en el área silvoagropecuaria**, que incluyen **Universidades, Institutos Profesionales (IP) y Centros de Formación Técnica (CFT)**. Si bien en este tipo de establecimientos la formación no es tan temprana como en la EMTP, y cuentan con algún grado de incorporación de temáticas de riego en el currículo, tendrían la ventaja de que una mayor proporción de sus egresados efectivamente se desempeñará laboralmente en el rubro agrícola, por lo cual la probabilidad de aplicar y diseminar los conocimientos es mayor que en la EMTP-SAP.

El universo actual de estas entidades que imparten carreras técnicas, es decir de duración menor o igual a 6 semestres, en el sector silvoagropecuario (excluyendo programas solo en sector pecuario) alcanza a 22 instituciones públicas y privadas, de las cuales 10 son CFT, 5 son IP y 7 son Universidades. Se encuentran en casi todas las regiones del país, con ausencia en Tarapacá, Atacama y Magallanes. Se imparten 23 programas o carreras en un total de 84 sedes, dándose casos donde una misma carrera es impartida en varias sedes de una misma institución.

Tabla 10. Distribución regional de establecimientos de educación media técnico profesional, año 2022

Tipo de institución y carrera	N° de sedes que la imparten
Centro de Formación Técnica (CFT)	49
Técnico Agrícola	30
Técnico Agrícola y Ganadero	2
Técnico de Nivel Superior Agrícola	2
Técnico de Nivel Superior en Fruticultura	1
Técnico de Nivel Superior en Gestión Agropecuaria	2
Técnico de Nivel Superior en Gestión de Recursos Hídricos	2
Técnico de Nivel Superior en Viticultura y Enología	2
Técnico en Agrícola	2
Técnico en Agricultura Ecológica	4
Técnico en Viticultura	2
Instituto Profesional (IP)	20
Técnico Agrícola	3
Técnico de Nivel Superior en Administración Agropecuaria	1
Técnico en Administración de la Producción Agropecuaria y Agroindustrial	13
Técnico Experto Agrario	2
Técnico Forestal	1
Universidad	15
Técnico de Nivel Superior Agrícola	3
Técnico de Nivel Superior Agropecuario	1
Técnico de Nivel Superior en Agronomía	5
Técnico Nivel Superior en Agronomía	1
Técnico Superior en Vinificación y Enología	1
Técnico Superior en Viticultura	1
Técnico Universitario Agropecuario	1
Técnico Universitario en Producción Agropecuaria	2
Total general	84

Fuente: elaboración propia en base a Ministerio de Educación <https://www.mifuturo.cl>

Los criterios para la selección de instituciones de educación superior serían los mismos que para los establecimientos de EMTP, es decir, la coherencia con su proyecto educativo, el aporte de recursos y personal, y el compromiso de vincularse con la comunidad, especialmente la pequeña agricultura, a través de actividades de capacitación y extensión en la unidad demostrativa.

d) Agricultores

La focalización del programa desde su origen se orienta hacia la pequeña agricultura, bajo el supuesto fundamental de que sus estándares de eficiencia hídrica son inferiores al promedio de la agricultura nacional y que enfrentan mayores dificultades para realizar las inversiones necesarias para la tecnificación del riego.

Aceptando esta hipótesis sobre la pequeña agricultura, podemos indicar que este es un segmento de gran significación en el medio rural. Considerando datos del VIII Censo Agropecuario y Forestal de 2021, el 21 % de las más de 176 mil unidades censadas son clasificadas como de autoconsumo, es decir, con terrenos con superficies menores a 2 ha y que no realizaron ventas. Por otra parte, en aquellas unidades calificadas como productivas (con una superficie igual o mayor a 2 ha y/o que registraron ventas), el 7 % cuenta con menos de 1 ha, y el 30 % tiene entre 1 y 5 ha; es decir, existen a nivel nacional 51 mil unidades productivas con superficies inferiores a 5 ha. Las unidades productivas dedicadas a “leguminosas y tubérculos” y “hortalizas, hongos, aromáticas, medicinales y condimentarias” cuentan con superficies promedio inferiores a 2 hectáreas, lo que indica una preponderancia en estos rubros de la pequeña agricultura.

Desde un punto de vista territorial, casi el 70 % de la pequeña agricultura se concentra entre las regiones del Libertador O’Higgins y de Los Lagos, teniendo un mayor peso relativo en las regiones de Biobío y La Araucanía. Según datos del Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP), la agricultura familiar campesina contribuye con una parte importante de la producción agrícola total, particularmente en productos hortícolas para consumo doméstico. En términos de rubros agroalimentarios, la AFC aborda el 54 % de la producción de hortalizas, más del 40 % de cultivos anuales y flores, y el 30 % de las viñas viníferas. En rubros pecuarios, es responsable del 94 % de la producción caprina, un 76 % de la producción de miel y un 54 % de las existencias de bovinos (ODEPA, 2019).

Es INDAP, organismo de Ministerio de Agricultura, el que atiende a este sector, principalmente brindando asistencia técnica y financiera, para lo cual dispone de personal y oficinas en todas las comunas agrícolas del país. Sus usuarios potenciales son quienes cumplen formalmente con la condición de ser Pequeño Productor Agrícola de acuerdo con su Ley Orgánica: que explota una superficie no superior a las 12 hectáreas de riego básico (cuya equivalencia en hectáreas físicas varía según la ubicación), cuyos activos no superen el equivalente a 3.500 Unidades de Fomento, que su ingreso provenga principalmente de la explotación agrícola, y que trabaje directamente la tierra, cualquiera sea su régimen de tenencia. A través de INDAP se atendieron en el 2021 a 164.594 usuarios, en 246 comunas de todas las regiones del país, en múltiples programas según distintas necesidades.

En consecuencia, los agricultores participantes del programa de capacitación y transferencia en riego podrían definirse de forma operacional como aquellos que son usuarios de INDAP o tienen perfil para serlo. De este modo se facilita su identificación y contacto, apoyándose en los registros institucionales que abarcan casi la totalidad del territorio nacional.

Para la selección de los agricultores participantes deben operar criterios territoriales, de manera de construir grupos relativamente concentrados para facilitar el acceso a las actividades grupales, especialmente en las unidades demostrativas. Naturalmente que la participación de ellos es de carácter voluntario, dependiendo de su disposición al aprendizaje y a la mejora de su sistema productivo. Su compromiso con el programa sería asistir a las actividades de capacitación, recibir a los especialistas para el diagnóstico del sistema de riego y para el seguimiento de las recomendaciones y resultados.

4.4. Resultados esperados del Programa

Para la evaluación de la implementación de un Programa de Transferencia en Eficiencia Hídrica, en los términos planteados anteriormente, se propone un conjunto de indicadores de logro en distinto nivel.

Como resultado de largo plazo o de fin, es decir, de acuerdo con el objetivo de política pública al que contribuye el Programa, se espera contribuir a la eficiencia en el consumo hídrico de la pequeña agricultura.

Como resultados de propósito, es decir resultados directos de la ejecución del Programa una vez finalizado, en la siguiente tabla se presentan los indicadores de logros asociados.

Tabla 11. Resultados e indicadores de logro del Programa de Transferencia en Eficiencia Hídrica

Resultado esperado	Indicadores de logro asociados
Incremento en el número de agricultores y estudiantes con competencias para gestionar sistemas de riego eficientes.	Proporción de agricultores capacitados que mejoran su conocimiento en sistemas de riego eficiente.
	Proporción de estudiantes capacitados que mejoran su conocimiento en sistemas de riego eficiente.
Incremento en la eficiencia de los sistemas de riego de los agricultores capacitados.	Proporción de agricultores que incorporan prácticas y tecnologías de riego más eficiente.
	Indicadores de eficiencia hídrica mejorados respecto a la línea base inicial del Programa.

Fuente: elaboración propia.



Los indicadores de adquisición de competencias se refieren a aplicación de evaluaciones que midan la adquisición de conocimiento respecto a la situación inicial, utilizando los medios y herramientas más adecuados según el tipo de usuario.

La incorporación de tecnologías y prácticas es un elemento clave que necesariamente debe ser evaluado, no solo mediante el chequeo de cumplimiento de las recomendaciones que realiza el asesor, sino que también indagando en aquellos factores que facilitan o dificultan su materialización.

Respecto a los indicadores de eficiencia hídrica, estos deben ser definidos de forma cuidadosa y con fuerte sustento técnico, puesto que un indicador mal definido puede inducir a errores de interpretación. Por ejemplo: reducir el consumo de agua en términos absolutos podría ser una meta interesante; sin embargo, si un agricultor está aportando menos agua que lo que el cultivo requiere, la recomendación técnica sería aumentar el volumen de riego, lo que eleva el consumo de agua. En este caso, el aumento de la eficiencia no pasa por reducir el uso de agua, sino que en acercarse al óptimo requerido por el cultivo para la máxima expresión de su potencial.

► 5. Beneficios técnicos y económicos de la adopción tecnológica

Un mal manejo del agua de riego tiene múltiples consecuencias desfavorables para un cultivo, y puede afectar negativamente al ecosistema por un consumo ineficiente del recurso hídrico. Como se ha dicho anteriormente, cualquier sistema de riego puede ser optimizado para alcanzar buenos niveles de eficiencia, pero indudablemente los sistemas de riego tecnificado tienen un potencial mucho mayor y permiten tener mayor control sobre el agua aplicada y sobre distintas variables que influyen en el buen desempeño de cualquier cultivo. Por lo tanto, pasar de un riego tradicional a un riego tecnificado es un objetivo al cual los programas públicos y las iniciativas privadas están apuntando fuertemente.

En el siguiente cuadro se presenta una síntesis de las principales diferencias genéricas entre los sistemas de riego tradicionales y los sistemas de riego tecnificado.

Tabla 12. Comparación entre sistemas de riego tradicional y riego tecnificado

Ámbito de comparación	Riego tradicional	Riego tecnificado
Inversión inicial	Bajo costo de implementación	Alto costo de implementación
Nivelación de terreno	Requieren poca nivelación de terreno	Requiere nivelación de terreno para uniformidad de riego
Consumo de energía	Bajo gasto de energía (riego gravitacional)	Mayor consumo de energía por la necesidad de dar presión al sistema de distribución
Costo de mantención	Bajo costo general de mantención	Mayor costo de mantención equipos y componentes
Costo mano de obra	Mayor costo por operación manual	Menor costo por operación, con mayor grado de automatización
Uniformidad de riego	En promedio alcanzan baja uniformidad de riego	Pueden alcanzar alta uniformidad de riego
Desarrollo de malezas	Mayor desarrollo de malezas por desborde de agua	Menor desarrollo de malezas por entrega localizada de agua, ahorro de mano de obra y herbicidas para control.
Control de oferta de agua	Baja posibilidad de controlar y ajustar entrega de agua, generando sobre o sub oferta de agua al cultivo	Alta posibilidad de controlar y ajustar entrega de agua según cultivo, sector y variables ambientales
Entrega de fertilizantes de suelo	Se requiere maquinaria o mano de obra para distribución de fertilizantes	Permite fertirrigación, con menor uso de mano de obra, mayor uniformidad y menor pérdida de productos
Relación consumo de agua / producción	Menor eficiencia por mayor pérdida de agua por infiltración y evaporación	Mayor eficiencia por menor pérdida de agua por infiltración y evaporación
Escalabilidad y rentabilidad	Dificultad para adaptar sistema al crecimiento y la intensificación, con menor rentabilidad en largo plazo	Facilita expandir superficie cultivada e intensificar producción, aumentando la rentabilidad

Fuente: elaboración propia.

Los sistemas tecnificados son más complejos de operar pues cuentan con mayor número de componentes, tanto mecánicos como eléctricos, lo que requiere un diseño cuidadoso y una atenta supervisión de su funcionamiento. Además, para obtener un resultado óptimo de operación (y por ende un óptimo resultado productivo), el diseño agronómico y el plan de riego y fertilización deben ser coherentes, bien calculados y monitoreados, lo que requiere un buen conocimiento técnico.

En el cuadro siguiente se presenta una síntesis de distintos aspectos de un sistema de riego tecnificado que pueden presentar fallas, ineficiencias o carencias, y cuáles son las consecuencias sobre la productividad o rentabilidad. A partir de ello se derivan los beneficios técnicos y económicos que se obtienen al corregir o mejorar estas brechas, mediante el diagnóstico experto y la oportuna realización de manejos.

Tabla 13. Efectos de una mala implementación, operación o mantención de un sistema de riego tecnificado

Ámbito de análisis	Fallas o ineficiencias posibles	Consecuencias
Acumulador de agua	Acumulador sin revestimiento o con revestimiento de mala calidad	Agua se infiltra hacia el subsuelo, reduciendo el agua disponible para los cultivos.
	Acumulador sin adecuada cobertura superior	Exposición a la luz solar favorece desarrollo de algas y microorganismos que obturan los emisores, dañan los equipos, producen gasto energético ineficaz y reducen la entrega efectiva de agua a los cultivos; pérdida de agua por evaporación.
	Ausencia de decantador	Acumulación de partículas que al precipitar obturan los emisores, dañan los equipos, producen gasto energético ineficaz y reducen la entrega efectiva de agua a los cultivos
	Acumulador mal dimensionado	Volumen de agua insuficiente para abastecer la demanda de los cultivos, causando déficit y stress hídrico.
	Ausencia de acumulador de agua	Incapacidad de almacenar agua en periodos excedentarios, dejando cultivos expuestos a déficit y stress hídrico.
Unidad de impulsión	Bomba inadecuada para los requerimientos de riego	Bomba mal seleccionada es incapaz de impulsar el agua en el caudal requerido, con gasto energético ineficaz y reducción de entrega efectiva de agua a los cultivos.
	Ausencia o mal funcionamiento de sensor guarda nivel	Bomba no recibe señal de apagado en caso de descenso de nivel de agua, lo que puede dañar el equipo.
	Mal anclaje de la bomba	Funcionamiento de la bomba provoca vibración, lo que afecta operación y puede dañar el equipo.
	Presencia de fugas de agua	Pérdida de presión, gasto energético ineficaz y reducción de entrega efectiva de agua a los cultivos.
	Presencia de vibraciones o ruidos extraños de la bomba en funcionamiento	Reflejan problemas de operación que pueden dañar el equipo.
Unidad filtraje	Mal estado de filtros	Acumulación de partículas puede producir obturaciones, daño en equipos y menor entrega efectiva de agua a los cultivos.
	Ausencia de manómetros en los filtros	No se obtiene alerta de necesidad de limpieza de filtros, pudiendo producirse obturaciones, daño en equipos y menor entrega efectiva de agua a los cultivos.
	Ausencia de válvula de aire en la infraestructura del cabezal	Imposibilidad de evacuar exceso de aire en tuberías, pudiendo dañar equipos y provocar caída de presión.
Unidad de fertirrigación	Mezcla inadecuada de fertilizantes	La mezcla de productos incompatibles puede generar precipitados y obturaciones, reduciendo entrega efectiva de fertilizantes.
	Fallas de diseño o elección de componentes	Mal cálculo hidráulico puede generar inyección insuficiente, reduciendo entrega efectiva de fertilizantes.

Ámbito de análisis	Fallas o ineficiencias posibles	Consecuencias
Elementos de control y programación	Ausencia de elementos de control de flujo de sectores	Dificultad para ajustar oferta hídrica a la demanda de cada sector de cultivo, generando sobre o sub entrega de agua.
	Ausencia de elementos de la unión matriz-submatriz (válvula de compuerta, filtro de aire, toma manométrica, válvula de bola, válvula de aire)	Inadecuado control de la oferta de agua, produciendo gasto energético ineficaz y generando sobre o sub entrega de agua a los cultivos.
	Ausencia de elementos para el monitoreo de demanda hídrica (sensores de humedad)	Dificultad para ajustar oferta hídrica a la demanda del cultivo, generando sobre o sub entrega de agua.
Emisores	Desconocimiento de características y parámetros de operación de emisores	Inadecuado control de la oferta de agua, produciendo gasto energético ineficaz y generando sobre o sub entrega de agua a los cultivos.
	Emisores mal orientados	Goteros orientados hacia abajo provocan obturación con partículas, produciendo gasto energético ineficaz y reduciendo la entrega efectiva de agua a los cultivos.
	Ausencia de prácticas de limpieza de laterales	No realizar lavado y aplicación de productos de limpieza en forma periódica facilita obturación, produciendo gasto energético ineficaz y reduciendo la entrega efectiva de agua a los cultivos.
Uniformidad en riego	Ausencia de medición de coeficiente de uniformidad	No se obtiene alerta sobre caídas de presión, pudiendo existir falta de uniformidad en oferta de agua al cultivo, con el consecuente déficit en sectores más críticos.
	Coeficiente de uniformidad en valores inferiores a los aceptables	Problemas de diseño y/o mantención que generan falta de uniformidad en oferta de agua al cultivo, con el consecuente déficit en sectores más críticos.
	Turbiedad en agua al destapar lateral crítica	Sedimentación puede provocar obturaciones en la cola de los laterales y falta de uniformidad en oferta de agua al cultivo, con el consecuente déficit en sectores más críticos.
	Ausencia de prácticas de limpieza de terciarias (descole)	No realizar lavado y aplicación de productos de limpieza en forma periódica facilita obturación y falta de uniformidad en oferta de agua al cultivo, con el consecuente déficit en sectores más críticos.
Volumen de agua entregado	Ausencia de criterios objetivos para determinar tiempo y frecuencia de riego	Falta de información y conocimiento para determinar tiempo y frecuencia de riego dificulta establecer un programa de riego flexible y apropiado a las características del cultivo, suelo y clima.
	Oferta de agua por sobre el requerimiento del cultivo	Mayor pérdida de agua por evaporación e infiltración profunda, gasto energético ineficaz, lavado de fertilizantes no absorbidos, menor aireación y asfixia radicular resultando en menor desarrollo de plantas, bajo rendimiento, mayor susceptibilidad a plagas y enfermedades.
	Oferta de agua por debajo del requerimiento del cultivo	Stress hídrico provoca caída en rendimiento y calidad de los cultivos, mayor susceptibilidad a plagas y enfermedades, pudiendo causar pérdida total en casos extremos.
Analítica de suelos y aguas	Ausencia de análisis de suelo	El desconocimiento del comportamiento del suelo como reservorio de agua dificulta realizar una programación eficaz del riego, generando sobre o sub entrega de agua a los cultivos.
	Ausencia de análisis de agua	El desconocimiento de la calidad química del agua dificulta una adecuada programación de limpieza y mantención del sistema, no permite saber si las plantas absorben agua efectivamente, y si hay una correcta absorción de nutrientes aportados mediante fertilización.

Fuente: elaboración propia.

Con estos criterios es posible hacer algunas proyecciones del impacto de implementar medidas de mejora en los sistemas productivos de los agricultores participantes del programa de capacitación y transferencia en riego. Como parámetros se utilizan las observaciones de la implementación parcial de medidas en los agricultores participantes del proyecto precursor, y a la experiencia en iniciativas similares. Cabe señalar que el proyecto precursor no contempló la evaluación de la adopción tecnológica, por lo cual a la fecha solo se cuenta con algunos testimonios de agricultores que implementaron algunas de las recomendaciones.

Con el objetivo de realizar una estimación de los beneficios de implementar un sistema de riego optimizado, se plantea como **caso de análisis la producción de frutillas hidropónicas en invernadero tecnificado**, lo cual será comparado con un método tradicional de producción al aire libre con riego por goteo. A través de este modelo se busca analizar no solo los efectos del riego eficiente, sino que los impactos globales que tiene un sistema de alta tecnología, que permite intensificar la producción en una superficie reducida, con control detallado de todas las variables productivas, con máximo ahorro de agua y utilizando sustrato. Con ello también se busca contribuir a dar alternativas para abordar una plaga emergente, como es el nemátodo del enanismo de primavera de la frutilla (*Aphelenchoides fragariae*), a través del cultivo en sustratos inertes.

Los parámetros utilizados se obtienen de la ficha técnica de INDAP para la comuna de San Pedro⁷ (sistema convencional), mientras que el sistema hidropónico se calcula en base a los antecedentes del proyecto “Transferencia Mejoramiento del cultivo de frutillas”, financiado por el Gobierno Regional del Maule y ejecutado por INIA. Estudios de INIA en la zona de Cauquenes han demostrado que es posible desarrollar este cultivo en sistema de macrotúnel bajo plástico, cultivado sobre un sustrato que: otorga condiciones óptimas de arraigamiento a la planta y evita problemas de plagas y enfermedades provenientes del suelo; aumenta la eficiencia del uso de insumos como agua, fertilizantes y pesticidas; y permite adelantar la época de cosecha, obtener buenas producciones y al mismo tiempo obtener mejores precios fuera de temporada.

La unidad de análisis considerada fue de un macro túnel de 270 m², la evaluación económica se estableció en un periodo de 10 años, debido al tipo de inversión inicial que se realiza en estructuras metálicas con un largo periodo de vida útil, así como las mesas y el sistema de fertirrigación que se requiere para el desarrollo del proyecto. El valor estimado para cada unidad de macrotúnel es de \$ 2.500.000.

El sistema de riego empleado asciende a \$2.250.000, calculado considerando una futura ampliación de la unidad productiva con capacidad de operación de hasta 5 macrotúneles. Incluye un estanque acumulador de agua, estanques de fertilización, bomba, filtros, válvulas solenoides y programador de riego, junto a laterales y cintas de distribución

⁷ Fichas INDAP: <https://www.odepa.gob.cl/fichas-de-costos/fruta-fresca>

Se consideran como costos de producción los gastos relacionados con la plantación de frutilla, desarrollo del cultivo y cosecha de frutos. Entre ellos se pueden mencionar la adquisición de bolsas de cultivo de fibra de coco, la renovación anual del material vegetal, y los insumos para la fertilización, control de plagas y enfermedades.

Tabla 14. Insumos para unidad macrotúnel frutilla hidropónica 270 m²

Insumos 1 Macrotúnel	Cantidad	Valor unitario	Total
Plantas de frutilla	3.000	100	300.000
Sustrato (bolsas de cultivo de fibra de coco)	500	3.500	1.750.000
Cubierta polietileno macrotúnel	1	350.000	350.000
Laterales de y cintas de riego (rollo)	1	250.000	250.000
Fertilizantes			172.000
Fungicidas			168.000
Herbicidas			24.000
Insecticidas			10.000
Acaricidas			6.000
Electricidad (anual)			180.000
Total, insumos			3.210.000

Fuente: Balbontín *et al*, INIA 2020.

En la tabla siguiente se presentan los valores comparados de parámetros técnicos y económicos, donde se destaca el alto grado de intensificación del sistema hidropónico.

Tabla 15. Parámetros técnicos y económicos comparados sistema tradicional y sistema hidropónico (superficie 270 m² para ambos casos)

Parámetro	Hidropónico	Tradicional
Plantas/m ²	11,1	3,0
Rendimiento kg/planta	1,0	1,6
Rendimiento kg/m ²	11,1	4,9
Precio promedio \$/kg	2.400	896
Costo mano de obra M\$	1.260	287
Costo insumos M\$	3.210	308
COSTOS TOTALES M\$	4.470	595
INGRESOS TOTALES M\$	7.200	1.185
MARGEN BRUTO M\$	2.730	590
INVERSIÓN \$M	6.910	2.649

Fuente: elaboración propia en base a Ficha INDAP y Balbontín, 2020.

A continuación, se desarrollan los flujos simplificados para ambas alternativas.

Tabla 16. Proyección evaluación económica comparativa entre sistema tradicional y sistema hidropónico de frutillas

Ítem	Sistema tradicional		Sistema Hidropónico	
	Año 0	Año 1-10	Año 0	Año 1-10
Ingreso bruto \$M		1.185		7.200
Costos totales \$M		595		4470
Inversión \$M	2.649		6.910	
Margen bruto anual \$M	-2.649	590	-6.910	2.730
VAN \$M (12%)	686		7.535	
VAN / Inversión	259		1.090	
TIR	18%		36%	
Año recuperación inversión	5		3	

Fuente: elaboración propia.

Bajo este conjunto de parámetros, el sistema hidropónico genera una rentabilidad más de 10 veces superior al sistema tradicional, con una inversión que la triplica. Siendo dos proyectos de distinta escala de inversión y resultados, es conveniente prestar atención a los indicadores relativos, como la TIR y la proporción VAN / Inversión, que muestran un mayor retorno proporcional respecto a la inversión inicial.

Los resultados muestran al sistema hidropónico como una alternativa interesante; sin embargo, el acceso al capital inicial para las inversiones puede ser una barrera de entrada para los pequeños agricultores. En este aspecto el apalancamiento de recursos externos sería la clave para facilitar su adopción.

A este beneficio económico privado se agregan beneficios sociales y externalidades positivas de la implementación de la tecnología, más complejos de cuantificar y monetizar:

- Menores pérdidas de agua por evaporación e infiltración, lo que reduce la presión sobre las fuentes de agua.
- Menor vulnerabilidad ante temporadas con escasez hídrica.
- Menor infiltración de fertilizantes hacia las aguas subterráneas.
- Formación de capital humano más capacitado.
- Mejor posicionamiento de los agricultores ante el mercado y la comunidad por su carácter más sustentable.

El valor del proyecto precursor y aprendizaje

La escasez hídrica es un fenómeno que se ha instalado casi en la totalidad del país, tanto por los efectos del cambio climático como por una infraestructura inadecuada e insuficiente gestión de los recursos hídricos. En este escenario, la escasez hídrica afecta fuertemente a la agricultura, sector más demandante de agua en Chile, y con ello al empleo rural, la producción de alimentos y una serie de actividades conexas.

La pequeña agricultura se encuentra aún más vulnerable a este fenómeno, puesto que presenta mayores debilidades en acceso a agua de riego, infraestructura intrapredial y capacidades para manejar adecuadamente el recurso. Ante ello, la línea programática de capacitación y transferencia en tecnologías de riego que viene desarrollando el Instituto de Investigaciones Agropecuarias en varias regiones del país, con apoyo de FIA y gobiernos regionales, responde a la necesidad del sector de la pequeña agricultura de generar e instalar capacidades de gestión del recurso hídrico dentro del predio.

La metodología aplicada en este proyecto tiene el gran valor de ser adaptativa a las necesidades de los agricultores participantes, tanto en la forma de recoger sus propias demandas como en el análisis individual de la condición de sus sistemas de riego. En base a ello, se diseñó un programa de asistencia técnica priorizado en las temáticas específicas de mayor relevancia, con un enfoque eminentemente práctico.

Los aspectos técnicos que obtuvieron la calificación más baja en la evaluación individual fueron los sistemas de conducción del agua de riego y sistemas de filtraje y su mantención, así como problemas de presión e inyección de fertilizantes, detectándose que sobre el 50 % de los sistemas de riego se encontraban en una condición crítica.

Estos problemas en gran medida se originan por un diseño deficiente atribuible a la autoconstrucción, que por falta del suficiente conocimiento se realiza sin considerar los criterios hidráulicos básicos. Los errores de diseño llevan a una mala operación, y con ello un mal

desempeño y desgaste acelerado de los componentes. Si bien existen casos de autoconstrucción que operan en buenas condiciones, la mayoría de ellos evidenciaron los problemas mencionados.

Resultado de la aplicación de la evaluación individual, así como de lo expresado por los propios agricultores en las actividades de transferencia, existe insuficiente capacitación y acompañamiento en el proceso de pasar de un sistema de riego tradicional a uno tecnificado, aun cuando las inversiones hayan contado con apoyo de las instituciones estatales. Esta condición genera ineficiencias no solo para los agricultores, sino también para el propio Estado, ya que los recursos invertidos en riego intrapredial no producen un adecuado retorno.

En general, la implementación de unidades demostrativas fue muy bien recibida y valorada por los establecimientos educacionales, ya que se articula de buena forma con su proyecto educativo. Sin embargo, para que esta articulación sea totalmente exitosa, se requiere de capacidades y recursos internos para la mantención y operación de los sistemas, situación que no ocurrió en todos los establecimientos. Si bien en todas las escuelas o liceos se ha dado un uso docente a las instalaciones y equipos implementados en el proyecto, el impacto potencial sobre la formación de los estudiantes es mayor en los establecimientos con especialidad agrícola, y donde las autoridades académicas dan mayor respaldo a esa área.

El eslabón más débil entre las entidades participantes fue la relación entre agricultores y establecimientos educacionales, ya que no es parte del quehacer natural de los liceos. Sin embargo, esta relación tiene un gran potencial para generar una mayor vinculación territorial de las escuelas y que estas sean vistas por los agricultores como referentes tecnológicos locales.

La naturaleza del proyecto, tanto en objetivos como en recursos y duración, no permitió evaluar el grado de adopción tecnológica efectiva por parte de los agricultores. Esto dificulta a las instituciones realizar una evaluación del real impacto del programa, que en definitiva lo que busca es mejorar la eficiencia en el uso del recurso hídrico como objetivo de largo plazo. Por ello, en los proyectos posteriores se ha incorporado el levantamiento de indicadores de adopción tecnológica y de mejoras en la eficiencia hídrica, lo que permitirá a los propios agricultores evidenciar objetivamente los cambios positivos que desde el punto de vista técnico son esperables al implementar mejores prácticas de riego.

Más allá de los resultados productivos y económicos, conocer y comprender el manejo eficiente del agua contribuye a crear mayor conciencia en agricultores y estudiantes, en búsqueda de un cambio cultural para una mejor gestión integral de los recursos naturales. Quizá sea este el elemento más valioso del programa de capacitación, aunque también el más difícil de medir.

Anexos

Anexo 1. Resultados Censo Agropecuario y Forestal
2021 en relación con riego

Anexo 2. Instrumento de diagnóstico sistemas de riego

Anexo 3. Bibliografía consultada

Anexo 4. Entrevistas realizadas

ANEXO 1. Resultados Censo Agropecuario y Forestal 2021 en relación con riego

**Tabla 17. Distribución de superficie regada, por región y sistema de riego
(Censo Agropecuario y Forestal 2021)**

Región	Total superficie bajo riego (ha)	% del total de superficie regada	Superficie por tipo de riego (ha)			Distribución de superficie por tipo de riego (%)		
			Superficie riego tradicional	Superficie microrriego	Superficie aspersión	Superficie riego tradicional	Superficie microrriego	Superficie aspersión
Región de Arica y Parinacota	6.430	0,8	3.955	2.288	188	61,5	35,6	2,9
Región de Tarapacá	1.505	0,2	962	532	10	63,9	35,4	0,7
Región de Antofagasta	978	0,1	932	35	11	95,3	3,6	1,1
Región de Atacama	9.388	1,2	3.516	5.844	28	37,4	62,3	0,3
Región de Coquimbo	33.072	4,2	6.179	25.828	1.064	18,7	78,1	3,2
Región de Valparaíso	45.595	5,8	9.494	34.211	1.890	20,8	75,0	4,1
Región Metropolitana de Santiago	91.028	11,6	40.235	45.638	5.155	44,2	50,1	5,7
Región de O'Higgins	132.997	16,9	55.487	74.558	2.952	41,7	56,1	2,2
Región del Maule	220.165	28,0	105.770	97.096	17.299	48,0	44,1	7,9
Región de Ñuble	84.954	10,8	41.823	17.187	25.944	49,2	20,2	30,5
Región del Biobío	63.975	8,1	28.276	9.320	26.379	44,2	14,6	41,2
Región de La Araucanía	49.891	6,4	15.865	11.724	22.302	31,8	23,5	44,7
Región de Los Ríos	22.080	2,8	720	3.540	17.820	3,3	16,0	80,7
Región de Los Lagos	16.837	2,1	2.877	2.821	11.139	17,1	16,8	66,2
Región de Aysén	2.753	0,4	1.449	271	1.033	52,6	9,9	37,5
Región de Magallanes	3.701	0,5	3.369	31	301	91,0	0,8	8,1
Total nacional	785.350	100,0	320.909	330.925	133.515	40,9	42,1	17,0

Fuente: elaboración propia en base a VIII Censo Agropecuario y Forestal (INE 2021).

Tabla 18. Distribución de superficie regada por tipo de cultivo, especie y sistema de riego en la Región Metropolitana (Censo Agropecuario y Forestal 2021)

Tipo de cultivo	Total superficie bajo riego (ha)	% del total de superficie regada	Superficie por tipo de riego (ha)			Distribución de superficie por tipo de riego (%)		
			Superficie riego tradicional	Superficie microrriego	Superficie aspersión	Superficie riego tradicional	Superficie microrriego	Superficie aspersión
Cereales	9.354	10,3	6.501	269	2.584	69,5	2,9	27,6
Cultivos Industriales	210	0,2	82	19	109	39,1	9,0	51,8
Flores de corte	50	0,1	28	22	0	55,9	44,1	0,0
Forrajeras	14.326	15,7	12.370	639	1.317	86,3	4,5	9,2
Frutales	36.345	39,9	3.059	32.950	336	8,4	90,7	0,9
Hortalizas	13.431	14,8	10.541	2.730	160	78,5	20,3	1,2
Leguminosas y Tubérculos	3.383	3,7	2.856	272	256	84,4	8,0	7,6
Praderas	1.935	2,1	1.729	65	141	89,3	3,4	7,3
Semilleros	2.782	3,1	1.895	839	48	68,1	30,2	1,7
Vides	8.350	9,2	844	7.506	0	10,1	89,9	0,0
Viveros	860	0,9	329	327	204	38,2	38,1	23,7
Total Regional	91.028	100,0	40.235	45.638	5.155	44,2	50,1	5,7

Fuente: elaboración propia en base a VIII Censo Agropecuario y Forestal (INE 2021).

Tabla 19. Distribución de superficie regada por tipo de cultivo, especie y sistema de riego en la Provincia de Melipilla (Censo Agropecuario y Forestal 2021)

Tipo de cultivo	Total superficie bajo riego (ha)	% del total de superficie regada	Superficie por tipo de riego (ha)			Distribución de superficie por tipo de riego (%)		
			Superficie riego tradicional	Superficie microrriego	Superficie aspersión	Superficie riego tradicional	Superficie microrriego	Superficie aspersión
Cereales	5.602	6,2	3.296	18	2.288	58,8	0,3	40,8
Cultivos Industriales	70	0,1	60	10	0	85,7	14,3	0,0
Flores de corte	5	0,0	0	5	0	0,8	99,2	0,0
Forrajeras	6.082	6,7	4.568	508	1.006	75,1	8,4	16,5
Frutales	20.198	22,2	390	19.724	84	1,9	97,7	0,4
Hortalizas	4.815	5,3	4.013	753	49	83,3	15,6	1,0
Leguminosas y Tubérculos	1.681	1,8	1.294	205	183	76,9	12,2	10,9
Praderas	1.564	1,7	1.408	15	141	90,0	1,0	9,0
Semilleros	1.554	1,7	1.218	336	0	78,4	21,6	0,0
Vides	2.226	2,4	144	2.082	0	6,5	93,5	0,0
Viveros	76	0,1	4	58	14	5,5	75,9	18,6
Total Regional	43.874	48,2	16.395	23.714	3.765	37,4	54,1	8,6

Fuente: elaboración propia en base a VIII Censo Agropecuario y Forestal (INE 2021).

ANEXO 2. Instrumento de diagnóstico sistemas de riego

1.- Identificación del Beneficiario y su predio					
Fecha Visita				Sector:	
Nombre				Coordenadas (WGS 84)	S O
RUT					
Comuna					
Teléfono					
Celular					
E-Mail					
Superficie del Predio (ha)		Superficie en Uso		Superficie Proyecto	
Tenencia de la tierra	Propietario <input type="checkbox"/>	Arrendatario <input type="checkbox"/>		Otra <input type="checkbox"/>	
Beneficiario INDAP	SI	NO	Indicar Programa		
Beneficiario CNR	SI	NO	Indicar Programa		
2.- Tipo de proyecto (Marque con una X)					
Cultivo regado con proyecto			Fecha de siembra/plantación		
Riego Localizado Hortalizas			AÑO DE FUNCIONAMIENTO DEL PROYECTO DE RIEGO		
Riego Localizado Frutales					
Tranque Individual					
Tranque Comunitario					
Otro					
3.- Fuente de agua (Marque con una x)					
Superficial	SI	NO	Subterránea	SI	NO
Canal (nombre)			Pozo Profundo		
Acciones(AC)			Pozo Noria		
Acumulador de Agua	SI	NO	Vertiente		
Capacidad(m3)			Caudal Disponible (L/s)		
RIEGO POR TURNO	SI NO		DISPONIBILIDAD DE AGUA EN TURNO DE RIEGO (EN HRS)		
Tipo de revestimiento de acumulador		Acumulador está cubierto con malla sombreadora	SI NO	Agua del acumulador presenta algas o vegetación	SI NO
Tenencia de Aguas	Propietario	Arriendo	Uso Histórico	Regularización en Trámite	
Observaciones y notas:					

4.- Unidad de impulsión					
Tipo de bomba:	HP	Marca	Modelo	Válvula de pie	Guardanivel
Bomba eléctrica	Bomba combustión	Bomba solar			
Número de bombas:		En Paralelo		En Serie	
Presión del sistema en funcionamiento (mca)	Presión después de Bomba		Presión después de filtro		
Bomba firmemente anclada	SI NO	Fugas de agua SI NO	Vibraciones SI NO	Ruidos SI NO	
Número de sectores de riego		Superficie Sectores de riego (ha)			
Tipo de cabezal	Fijo	Móvil			
5.- Unidad de filtrado (Marque con una x)					
Tipo de filtro	Arena (Grav <input type="checkbox"/>)	Malla <input type="checkbox"/>	Anilla <input type="checkbox"/>	Sin filtro <input type="checkbox"/>	
Estado del filtro (limpio bien sellado sin filtraciones)	SI NO				
Manómetro antes del filtro	SI NO	Manómetro después del filtro	SI NO	Válvula de aire	SI NO
Cada cuantos días limpia filtros		Observaciones			
6.- Unidad de fertirrigación. Tipo de inyección de fertilizantes (Marque con una x estado Bueno Regular Malo)					
Venturi	Con bomba de inyección	Con bomba del sistema	Otro		
B R M	B R M	B R M			
Observaciones:					
7.- Elementos de control y programación (Marque con una x)					
Existencia y uso de Programador	SI NO	NO	Sin uso		
Tipo de control de flujo de Sectores	Eléctrico/Solenoide	SI NO	Manual	SI NO	
Monitorea la humedad de suelo	SI NO	En caso de SI, Indicar Metodología			
Obsrvaciones y notas					

8.- Características de Emisores							
Tipo emisor	Marca	Modelo	Caudal nominal (l/h)	Presión de operación (mca)	Espaciamiento entre emisores (m)	Espaciamiento entre laterales (m)	Goteros orientados hacia arriba
Cinta de riego							SI NO
Gotero integrado							SI NO
Gotero Autocompensado							SI NO
Gotero Autocompensado Antidrenante							SI NO
Microjet							
Aspersor/microaspersor							
Evidencia de taponamiento de emisores	SI NO						
Aplica productos para mantener limpia la lateral	SI NO		Dosis:-				
Qué hace con el plástico de uso agrícola (cintas, plansas, tubería, etc)							
Emisores por planta							
9.- Tubería							
	Succión	Cabezal	Matriz	Submatriz	Laterales		
Material (PVC, PE , layflat)							
Diámetro (mm)							
Largo (m)							
10.- Coeficiente de Uniformidad en sector crítico							
Número total de laterales en sector crítico							
Longitud de laterales en sector crítico							
DOBLE LATERAL	SI NO						
<i>Aplique metodología para medir CU. Anote caudal recogido en un minuto expresado en l/h</i>							
<i>(Caudal (l/h)= volumen recogido en un minuto en ml *0,06 * N° de laterales</i>							
	Lateral inicial	Lateral 1/3	Lateral 2/3	Último lateral			
Inico lateral (ml)							
1/3 lateral (ml)							
2/3 lateral (ml)							
Fin lateral (ml)							
4 emisores menor caudal (ml/min)	Caudal (ml/min)	Promedio 4 caudales menores	Promedio 16 caudales	CU Caudal (%)			
	Q1						
	Q2		Caudal del emisor promedio (L/h)				
	Q3						
	Q4						

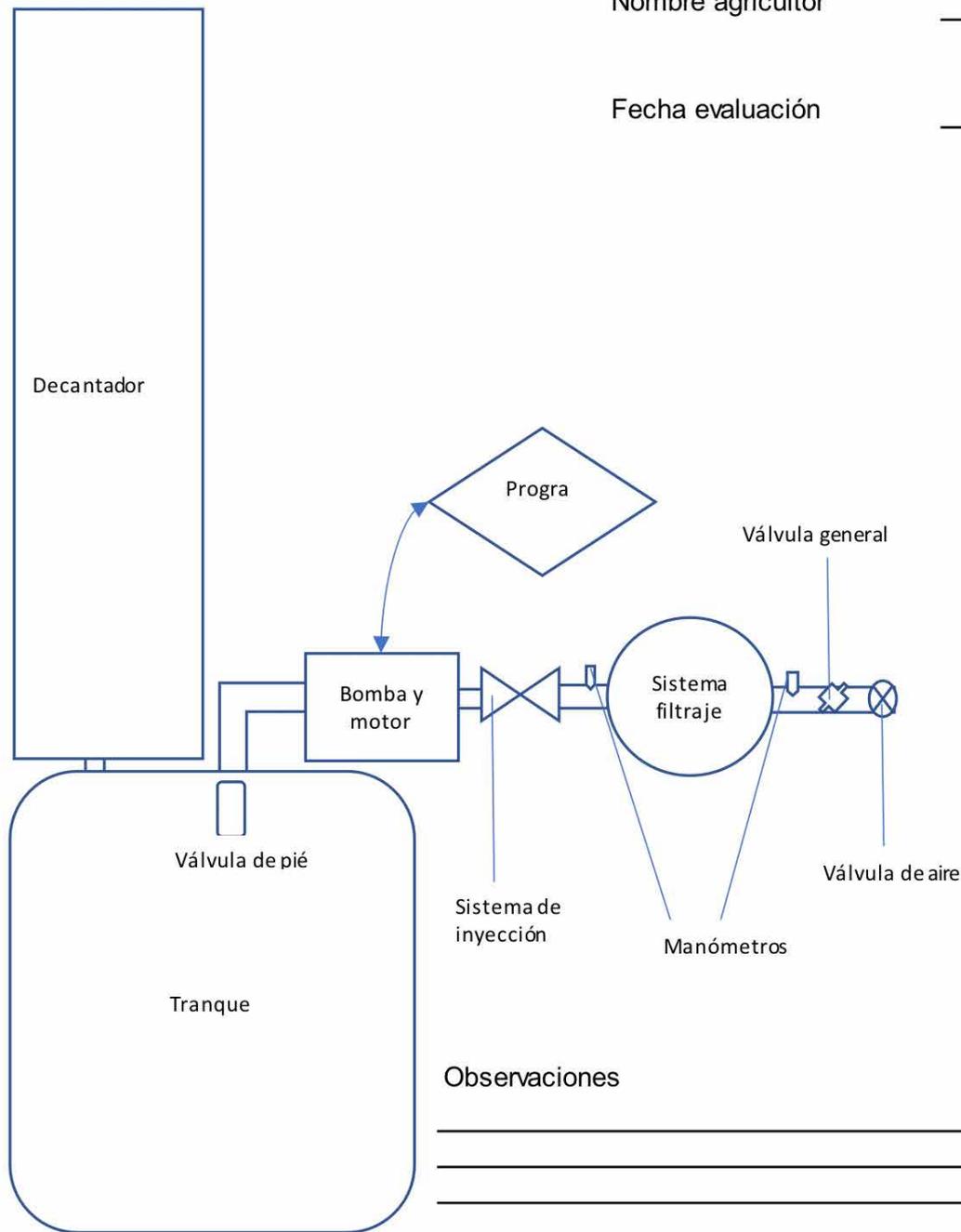
Color de sedimento al destapar lateral crítica	Limoso/Marrón <input type="checkbox"/>	Rojo/Naranja <input type="checkbox"/>	Verde <input type="checkbox"/>	Inexistente <input type="checkbox"/>	
Presión al final de lateral (mca, 5 minutos posterior a la partida)	Lateral favorecida:		Lateral crítica:		
Frecuencia de limpieza de laterales (días)		Frecuencia de limpieza de portallateral (días)	-	Descole en terciaria	SI NO
Intensidad de precipitación sector crítico (mm/h)	De Diseño:		Efectiva:		
Marco de plantación			DSH		
Mes de máxima demanda para el cultivo					
Tiempo de riego en máxima demanda (hrs)			Calculada (hrs)		
Frecuencia de riego máxima demanda (días)					
			Precipitación total de sectores (mm/día)		
Observaciones					
Análisis físicoquímico de suelo	SI NO	Hace cuánto			
Análisis bioquímico de agua	SI NO	Hace cuánto			

11. Requerimientos de capacitación

Indique que temas relacionados con el manejo del riego y producción le interesaría abordar en un programa de capacitación para agricultores: Fertirriego: Mantencion, uso y operación de sistema de riego, Inyección de ácido. Tiempo y frecuencia de riego.

Nombre agricultor _____

Fecha evaluación _____



Pauta de evaluación de puntos críticos de sistemas de riego intrapredial

Ámbito de análisis	Variable	Indicadores evaluativos	Escala
Fuente de agua	Tipo de revestimiento de acumulador	Presenta revestimiento. No presenta problemas de filtraciones. Presenta diseño considerando talud, revancha, coronamiento. Logra acumular suficientemente agua según el requerimiento hídrico	3
		Sin revestimiento o presenta problemas de filtraciones, Estanque presenta algún diseño. Acumula agua según requerimiento hídrico	2
		Sin revestimiento o presenta problemas de filtraciones. Sin diseño. No logra acumular el agua según requerimiento hídrico	1
	Acumulador cubierto con malla sombreadora	Acumulador presenta malla sombreadora bien instalada, en buen estado. Cumple con sombreadamiento según fabricante	3
		Acumulador presenta malla sombreadora mediano grado de deterioro	2
		Acumulador no presenta malla sombreadora, en alto grado de deterioro	1
	Agua del acumulador presenta algas o vegetación	No presenta proliferación de algas o vegetación, baja carga de sedimentos	3
		Presenta proliferación moderada de algas o vegetación y/o presencia moderada de sedimentos	2
		Presenta proliferación excesiva de algas o vegetación y/o Alta carga de sedimentos	1
Unidad de impulsión	Presencia de guarda nivel	Presenta guarda nivel en buen estado	3
		Presenta guarda nivel con observaciones	2
		No presenta	1
	Anclaje de la bomba	Bomba firmemente anclada	3
		Bomba anclada con observaciones	2
		No presenta los requerimientos mínimos para el correcto funcionamiento	1
	Presencia de fugas de agua	No presenta fugas de agua, bien sellada.	3
		Presenta fugas pero son leves	2
		Presenta alta cantidad de fugas que no permiten un buen trabajo de impulsión	1
	Presencia de vibraciones	No presenta vibraciones	3
		Presenta vibraciones leves que permiten el funcionamiento	2
		Presenta vibraciones altas que demuestran un mal funcionamiento	1
	Ruidos extraños de la bomba en funcionamiento	No presenta ruidos extraños	3
		Presenta ruidos leves o bien alguna observación	2
		Presenta ruidos excesivos que demuestran que la bomba tiene un mal comportamiento	1

Ámbito de análisis	Variable	Indicadores evaluativos	Escala
Unidad filtraje	Estado del filtro	Limpio, bien sellado, sin filtraciones	3
		Presenta filtros con observaciones	2
		No presenta o bien dañado y no opera	1
	Presencia de manómetros en los filtros	Presencia de manómetros a la entrada y salida de los filtros	3
		Presenta al menos un manómetro antes o después del filtro	2
		No presenta ninguno	1
	Presencia de válvula de aire en la infraestructura del cabezal	Presencia de válvula de aire en la infraestructura del cabezal	3
		Presenta válvula de aire pero con observaciones	2
		No presenta o dañado	1
	Presenta criterios de frecuencia de lavado de filtros	Presenta una rutina de acuerdo a lo señalado por el fabricante	3
		Presenta rutina pero con observaciones	2
		No presenta criterio de lavado de filtros	1
Unidad de fertirrigación	Estado del sistema de fertirrigación	Buen estado del sistema de inyección (bomba inyectora, Venturi)	3
		Presenta sistema de inyección con observaciones (inyección antes de la bomba)	2
		No presenta o bien en mal estado o no lo utiliza	1
Elementos de control y programación	Tipo de control de flujo de sectores	Control automático	3
		Control semi automático	2
		Control manual	1
	Infraestructura de la unión matriz-submatriz	Presenta válvula de compuerta, filtro de aire, toma manométrica, válvula de bola en unión matriz (2ria) - submatriz (3ria). En caso de sistemas automáticos, considerar que válvula de aire se encuentre después de la electroválvula.	3
		Presencia de algunos de los elementos: válvula de compuerta, filtro de aire, toma manométrica. En caso de sistemas automáticos, considerar que válvula de aire se encuentre antes de la electroválvula	2
		No presenta elementos como filtro de aire y/o tomas manométricas	1
	Presencia de elementos para el monitoreo y gestión hídrica	Presenta dos o más herramientas tecnológicas para el monitoreo de la humedad del suelo	3
		Presenta una sola herramienta tecnológica para el monitoreo de la humedad del suelo	2
		No presenta ninguna herramienta tecnológica para el monitoreo de la humedad del suelo	1
Características de los emisores	Marca del emisor	Conoce o tiene información referente a la marca del emisor que utiliza	3
		-	2
		No conoce, no tiene información	1
	Modelo	Conoce o tiene información referente al modelo del emisor que utiliza	3
		-	2
		No conoce, no tiene información	1

Ámbito de análisis	Variable	Indicadores evaluativos	Escala
Características de los emisores	Caudal nominal	Conoce o tiene información referente al caudal nominal del emisor que utiliza	3
		-	2
		No conoce, no tiene información	1
	Presión de operación	Conoce o tiene información referente a la presión de operación del emisor que utiliza	3
		-	2
		No conoce, no tiene información	1
	Orientación de los goteros	Presenta goteros orientados hacia arriba correctamente	3
		Presenta goteros orientados de manera incorrecta	1
	Evidencia de taponamiento	No se evidencian taponamientos en los goteros	3
		Se evidencia medianamente los taponamientos	2
		Se evidencian alta cantidad de taponamientos	1
	Aplicación de productos para mantener limpia lateral	Aplica con regularidad productos para mantener limpia la lateral	3
		Aplica producto una a dos veces en temporada	2
		No aplica productos en la temporada	1
	Reciclaje del plástico agrícola	Recicla el plástico agrícola	3
Bota el plástico a la basura		2	
Quema el plástico o lo incorpora al suelo		1	
Uniformidad en riego	Coeficiente de uniformidad (CU)	Se encuentra sobre 90% de CU	3
		Se encuentra entre 80% y 89% de CU	2
		Se encuentra bajo el 79% de CU	1
	Presión al final de lateral crítica	Se encuentra en el 10% de la PO	3
		Mayor al 10% de la PO	2
		No sube aguja por lo que indica problemas de presión	1
	Color de sedimentos al destapar lateral crítica	Color normal, el agua fluye sin atorarse, no sale sedimento	3
		Mediana carga de sedimentos en el agua, agua "achocolatada"	2
		Presenta colores marrones, verdes, alto contenido sedimentos	1
	Frecuencia de limpieza de laterales	Realiza lavados con una frecuencia regular	3
		Realiza máximo dos lavados durante la temporada	2
		No realiza lavado durante la temporada	1
	Descole en terciaria	Realiza dos o más descoles	3
		Realiza al menos un descole	2
		No realiza descoles durante la temporada	1
	Frecuencia de limpieza de portallateral	Realiza limpieza con frecuencia	3
		Realiza al menos una limpieza durante la temporada	2
		No realiza limpieza durante toda la temporada	1
Precipitación del equipo	Se encuentra entre 95% y 105%	3	
	Se encuentra bajo 95% y sobre 105 %	2	
	Se encuentra bajo 85% y sobre 115%	1	

Ámbito de análisis	Variable	Indicadores evaluativos	Escala
Tiempo de riego	Tiempo de riego	Se encuentra dentro de un 0 a 10 % de diferencia con tiempo de riego calculado	3
		Se encuentra dentro de 10 % y 20 % de diferencia con tiempo de riego calculado	2
		Se encuentro sobre un 20 % de diferencia con tiempo de riego calculado	1
Analítica de suelos y aguas	Análisis de suelo	Presenta análisis de suelos para la temporada en curso	3
		Presenta análisis de suelos de la temporada anterior	2
		No realiza análisis hace más de dos temporadas	1
	Análisis de agua	Presenta análisis de aguas para la temporada en curso	3
		Presenta análisis de aguas de la temporada anterior	2
		No realiza análisis hace más de dos temporadas	1

ANEXO 3. Bibliografía consultada

ANPROS. 2022. *Cae la superficie agrícola, pese al avance de frutales*. Nota de prensa Asociación Gremial Nacional de Productores de Semillas, 23 febrero 2022.

<<https://www.anproschile.cl/cae-la-superficie-agricola-pese-al-avance-de-frutales/> >

Antúnez, Alejandro y Felmer, Sofia (eds.). 2009. *Nodo tecnológico de riego en el secano. Región de O'Higgins*. Fase II. Rengo, Chile: Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias N°190.

Antúnez, Alejandro. 2022. *Mejoramiento del riego en la agricultura familiar campesina de la zona central de Chile*. Presentación realizada en Expo Chile Agrícola 2022. Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

Balbontín, C., Rubilar, F. y F. Pérez. *Análisis económico del cultivo de frutilla en sistema de macrotúnel sobre sustrato en la Región del Maule*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias - INIA Quilamapu. Informativo N° 74. 2020.

Callejas-Rodríguez, R., & Seguel, O. (2021). *Paquete tecnológico UchileCrea para el control inteligente del riego en sistemas frutícolas: UchileCrea technological package for the intelligent control of irrigation in fruit systems*. Aqua-LAC, 13(1), 128-142. En: <<https://doi.org/10.29104/phi-aqualac/2021-v13-1-09>>

Cartes, F., Contreras, H. y Rebufel, V. *Informe final de evaluación (EPG) Programas Obras Riego Menores y Medianas Ley 18.450 y Fomento al Riego art. 3, inciso 3*. Ministerio de Agricultura Comisión Nacional de Riego (CNR). Noviembre 2018 – Junio 2019.

CEM. 2020. *Estudio sobre trayectorias educativas y laborales de estudiantes de educación media técnico-profesional*. Centro de Estudios del Ministerio de Educación, Chile. Serie Evidencias N°46. En:

<https://centroestudios.mineduc.cl/wp-content/uploads/sites/100/2020/04/EVIDENCIAS-46_2020_f02.pdf>

CIREN-ODEPA. 2020. *Catastro Frutícola Resultados Región Metropolitana*. Centro de Información de Recursos Naturales; Oficina de Estudios y Políticas Agrarias.

Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo. 2016. *Ciencia e Innovación para los Desafíos del Agua en Chile*. En: <<https://docs.consejoctci.cl/wp-content/uploads/2020/09/Ciencia-e-innovacion-para-los-desafios-del-agua.pdf>>

DGA. 2017. *Estimación de la demanda actual, proyecciones futuras y caracterización de la calidad de los recursos hídricos en Chile*. Elaborado por Hídrica Consultores SpA y Aquaterra Ingenieros Ltda para la Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas. En: <<http://bcn.cl/2mne3>>

Holmberg, G. y De la Barra, R. 2019. *Metodologías de Extensión Agropecuarias*. Osorno, Chile. Instituto Investigación Agropecuarias. Boletín N° 400.

INE. 2022. *VIII Censo Nacional Agropecuario y Forestal*. Instituto Nacional de Estadísticas, Chile. En: <<https://www.ine.gob.cl/censoagropecuario>>

Martínez, Mónica. 2022. *Agua y Recursos Hídricos: Agenda del Ministerio de Agricultura en el marco del desarrollo sustentable del sector silvoagropecuario*. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias – ODEPA.

Ministerio de Agricultura. 2023. *Resolución 953 Exenta. Define como situación de emergencia agrícola los efectos de daño productivo, derivados de situación de déficit hídrico y sequía en las regiones y comunas que señala*. Fecha publicación: 10-01-2023. En: <<https://bcn.cl/3b3oj>>

Ministerio de Ciencia y Tecnología. 2008. *Encuesta Nacional de Innovación (ENI) 2017/2018*. Chile. En: <<https://observa.minciencia.gob.cl/encuesta/encuesta-nacional-de-innovacion>>

Ministerio de Ciencia y Tecnología. 2020. *Encuesta de Innovación y Desarrollo 2020*. Chile. En: <<https://observa.minciencia.gob.cl/encuesta/encuesta-nacional-de-innovacion>>

ODEPA, 2019. *Panorama de la Agricultura Chilena 2019*. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, Ministerio de Agricultura, Chile. <<https://bibliotecadigital.odepa.gob.cl/bitstream/handle/20.500.12650/70246/Panorama-DeLaAgriculturaChilena2019.pdf>>

Rojas, C., Cáceres, L. y B. Tapia. 2022. *Análisis de los resultados del VIII Censo Agropecuario y Forestal*. Departamento de Información Agraria, Análisis Económico y Transparencia de Mercados. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias – Odepa, Ministerio de Agricultura. <<https://bibliotecadigital.odepa.gob.cl/bitstream/handle/20.500.12650/71949/ArtCenso2022.pdf>>

ANEXO 4. Entrevistas realizadas

EQUIPO EJECUTOR

Nombre	Institución
Alejandro Antúnez Barría	INIA La Platina
Paulo Godoy Cáceres	INIA La Platina

CONTRAPARTE FIA

Nombre	Cargo
Carolina Fuentes Besoain	Representante Macrozonal Metropolitana
Gabriela Casanova Arancibia	Encargada Área de Consolidación y Transferencia

ESTABLECIMIENTOS EDUCACIONALES

Nombre	Cargo
Alicia Muñoz	Directora Escuela G-497 Alhué
Luis Núñez	Docente encargado Escuela G-497 Alhué
José Zavala	Docente encargado área técnica Liceo Polivalente María Pinto
Marcelo Fuentes	Personal apoyo área técnica Liceo Polivalente María Pinto
Nora Tapia	Directora Colegio El Yali, San Pedro
Isabel Lara	Docente Colegio El Yali, San Pedro
Darwin Vergara	Docente Liceo Politécnico de Melipilla

AGRICULTORES

Nombre	Lugar
Aurelia Soto	San Pedro
Cirila Durán	María Pinto
Claudia Hernández	Melipilla.
Elena Martínez	Alhué
Fabiola Díaz	María Pinto.
José Bravo	Alhué
Juan Carrasco	San Pedro
Juan Devia	San Pedro
Lourdes Bastarrechea	María Pinto
Margarita Berríos	María Pinto
María Inés Pérez	Alhué
María Quintanilla	Alhué
Nancy Osorio	Melipilla
Ramiro Pardo	San Pedro

160



SERIE EXPERIENCIAS DE INNOVACIÓN PARA EL EMPRENDIMIENTO AGRARIO
