



Fundación para la
Innovación Agraria
MINISTERIO DE AGRICULTURA

RESULTADOS Y LECCIONES EN

Programa de eficiencia hídrica para la pequeña agricultura de las Regiones de O'Higgins y del Maule

AGRICULTURA SUSTENTABLE



Proyecto de innovación en
Regiones de O'Higgins y del Maule





161



RESULTADOS Y LECCIONES EN

Programa de eficiencia hídrica para la pequeña agricultura de las Regiones de O'Higgins y del Maule



Proyecto de innovación en
Regiones de O'Higgins y del Maule

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 (INIA) que aportaron con información y conocimiento para la elaboración de este documento:

- Sofía Felmer Echeverría, investigadora y transferencista de INIA Rayentué.
- Abelardo Villavicencio Poblete, investigador y transferencista de INIA Quilamapu.
- Marco Mora Galleguillos, transferencista de INIA Rayentué.
- Carolina Órdenes Vásquez, transferencista de INIA Raihuén.

Resultados y lecciones en

Programa de eficiencia hídrica para la pequeña agricultura de las Regiones de O'Higgins y del Maule

Proyecto de innovación en Regiones de O'Higgins y del Maule

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-7745

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 las regiones de O’Higgins y del Maule”**. 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	13
1. Contexto general	13
2. Justificación y objetivos	20
3. Implementación del proyecto.....	23
3.1. Elección de beneficiarios de la transferencia.....	23
3.2. Diagnóstico de sistemas de riego de agricultores	25
3.3. Diseño de unidades demostrativas.....	28
3.4. Ejecución de actividades de capacitación	33

Sección 2. Resultados y aprendizajes del proyecto	35
1. Soluciones tecnológicas propuestas	35
2. Estado actual de unidades demostrativas	37
3. Adopción de tecnología por los agricultores	41
4. Estrategia y componentes del Programa de Eficiencia Hídrica..	45
4.1. Componentes del Programa.....	46
4.2. Etapas para la implementación	48
4.3. Actores relevantes y sus roles	49
4.4. Resultados esperados del Programa.....	59
5. Beneficios técnicos y económicos de la adopción tecnológica	60

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

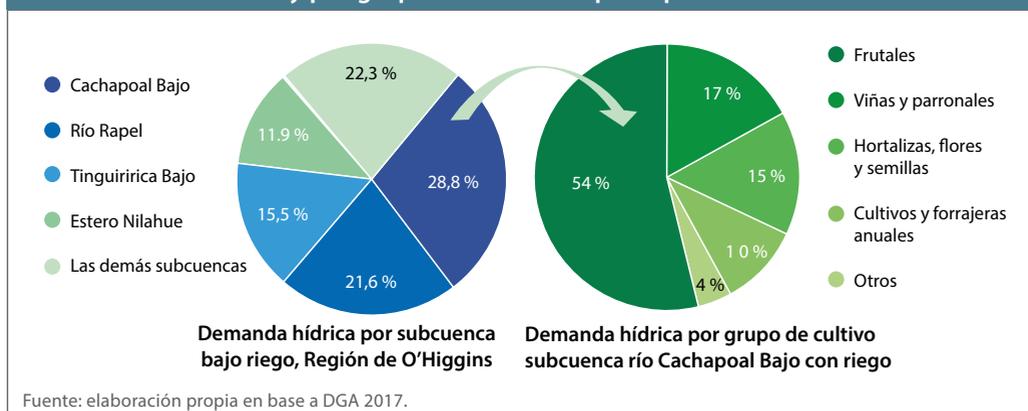
Introducción

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.

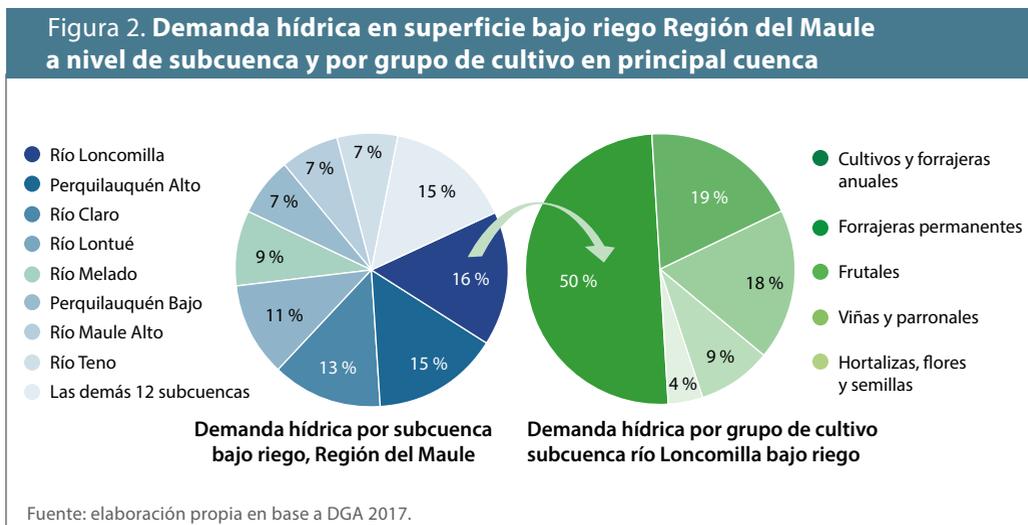
En el caso de la Región de O'Higgins, la mayor demanda de uso consuntivo es agrícola (91%), seguida por la demanda en minería y de agua potable urbana; la menor demanda la constituye la generación eléctrica. Del volumen total de agua demandada por el sector agrícola en la región para el año de referencia (2015), el 41% se concentra en la subcuenca de Cachapoal Bajo. La demanda hídrica, estimada por los requerimientos evapotranspirativos de los cultivos, en un 65% 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 28,8% del volumen se concentra en la subcuenca de Cachapoal Bajo, y dentro de esta el 54% corresponde a cultivos frutícolas, como puede apreciarse en la Figura 1.

Figura 1. Demanda hídrica en superficie bajo riego Región de O'Higgins a nivel de subcuenca y por grupo de cultivo en principal cuenca



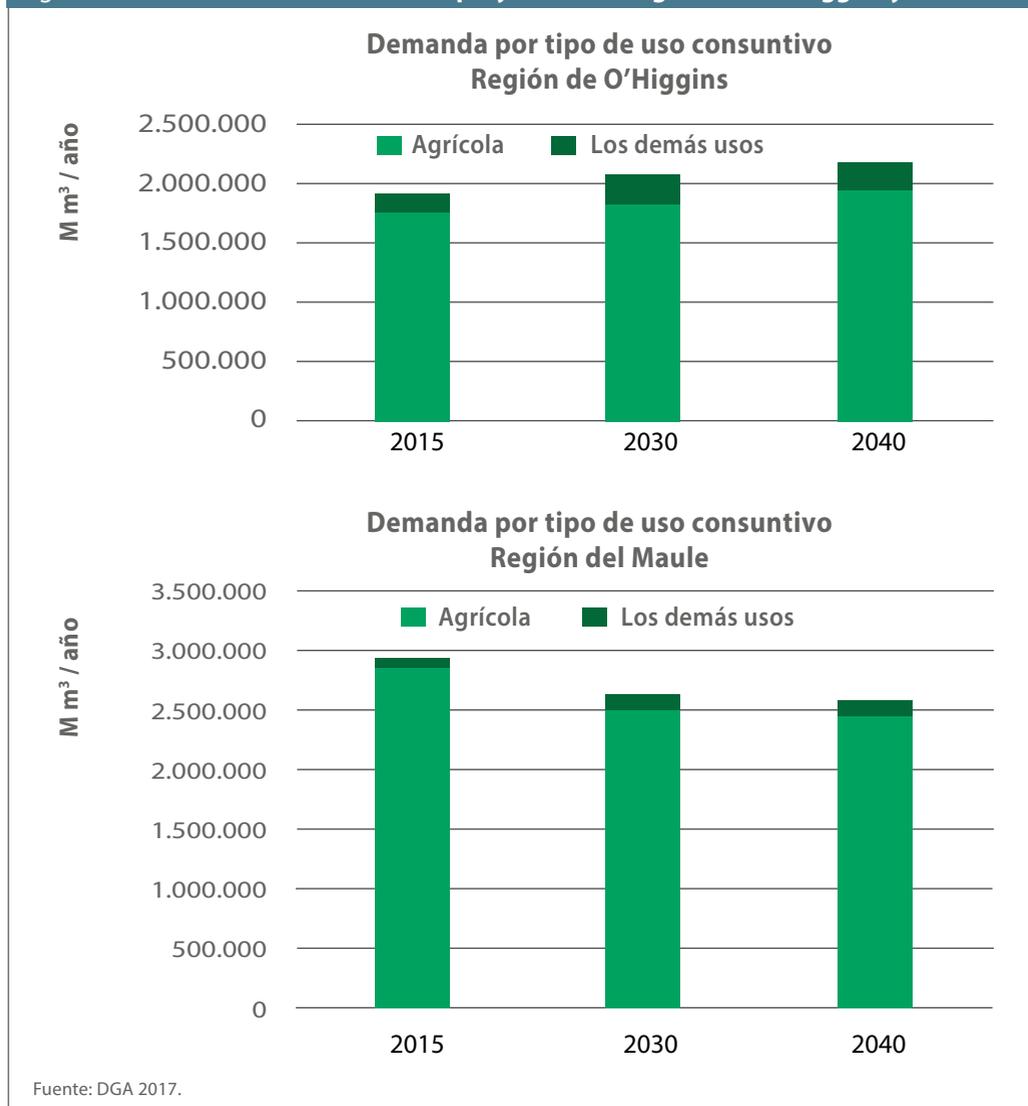
¹ El uso consuntivo se refiere a la no devolución del agua al lugar donde fue captada, una vez usada.

En la Región del Maule, la actividad agrícola concentra el 96 % de la demanda consuntiva de agua, seguida muy lejos por el agua potable urbana con un 1,4 %. En esta región hay una mayor homogeneidad en la demanda entre las subcuencas que la conforman, donde la subcuenca del Río Loncomilla ocupa el primer lugar con el 16 % de la demanda para los cultivos regados. En ella, el 50 % de la demanda hídrica proviene, a diferencia de O'Higgins, de cultivos y forrajeras anuales (Figura 2).



El estudio de DGA realiza una proyección de la demanda hídrica que, en el caso de la agricultura, incorpora supuestos sobre cambios en el tipo de cultivos, superficie regada y eficiencia de riego. Se estima que la demanda agrícola en la Región de O'Higgins aumentará un 13% entre los años 2015 y 2040, mientras que en términos relativos su participación en la demanda total se reducirá levemente de un 91% a un 90%. Los sectores con mayores tasas de crecimiento relativo son el pecuario y el industrial, este último asociado principalmente a la agroindustria. La Región del Maule, por su parte, experimentaría una baja general en la demanda consuntiva de agua de un 12%, impulsada principalmente por un 14% de descenso de la demanda de riego agrícola, lo cual prevalece sobre el aumento absoluto de los otros usos. Esta disminución absoluta y relativa del riego agrícola, cuya participación cae de 96% a 94%, podría deberse a la expectativa de un mayor grado de tecnificación en el riego (Figura 3).

Figura 3. Demanda hídrica consuntiva proyectada en regiones de O'Higgins y del Maule



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).



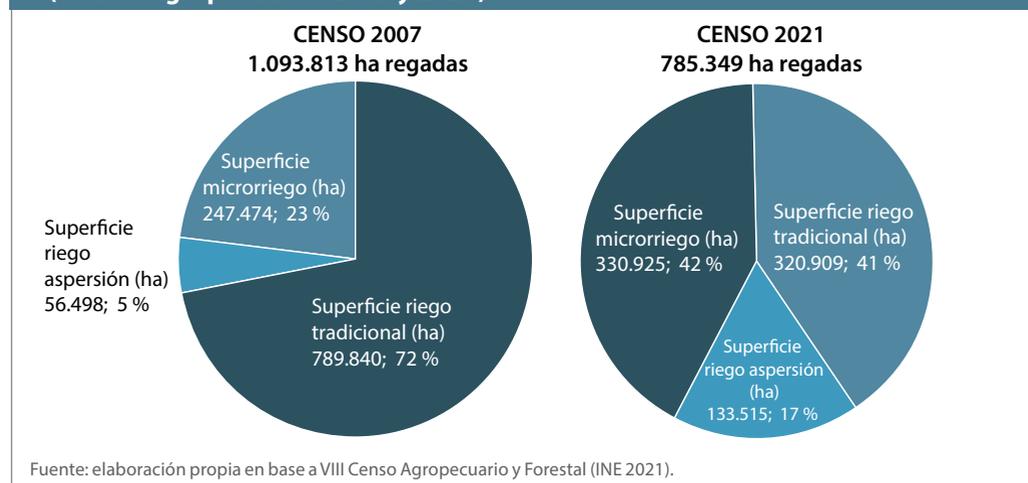
² Cifras referenciales, ya que los resultados arrojados por el VIII Censo Agropecuario y Forestal (CAF) 2021, están siendo analizados por un panel de expertos solicitado por INE y ODEPA, a fin de evaluar la calidad de la información recolectada, indicar el alcance del uso de los datos y entregar recomendaciones 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 4, 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 4. 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

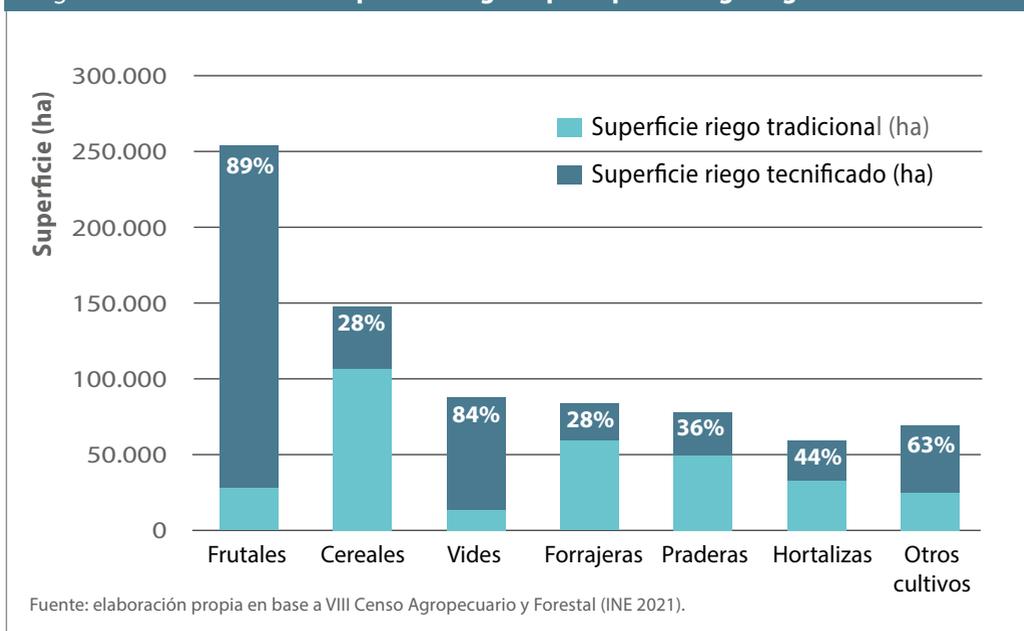
Región	Riego tradicional		Riego tecnificado (aspersión y microrriego)		Superficie total riego (ha)
	Superficie (ha)	Superficie (%)	Superficie (ha)	Superficie (%)	
Arica y Parinacota	3.955	61,5	2.476	38,5	6.430
Tarapacá	962	63,9	543	36,1	1505
Antofagasta	932	95,3	46	4,7	978
Atacama	3.516	37,5	5.872	62,5	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 5. 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.

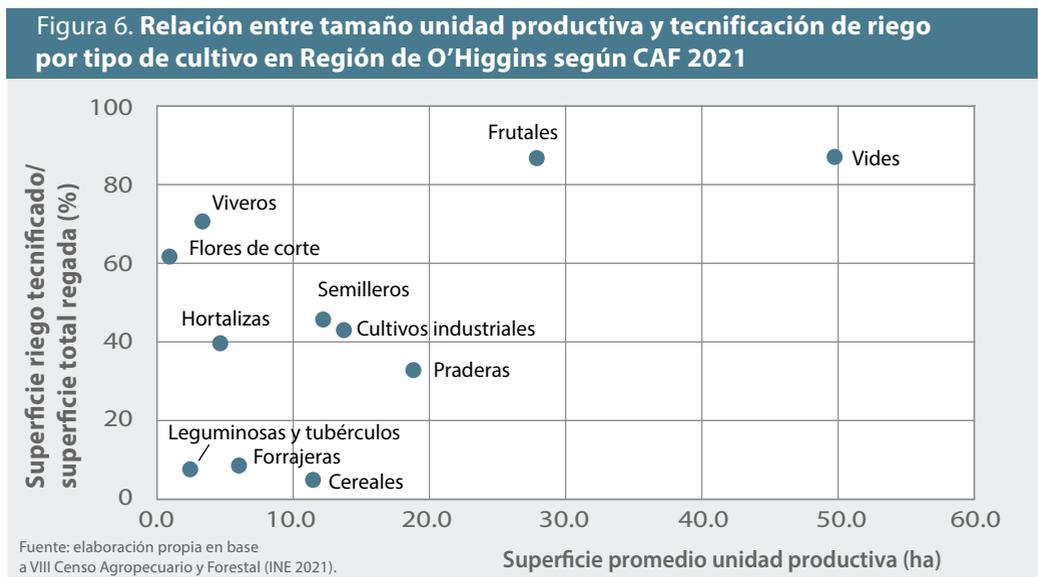
En lo que respecta a la Región de O'Higgins su tasa de tecnificación, cercana al 58%, se deriva por una parte de la importante superficie frutícola y vitícola, que en conjunto alcanzan el 59% de la superficie regada regional, y que presentan niveles de tecnificación de 87%. Sin embargo, esta elevada tecnificación es amortiguada por el rubro cereales, que representa el 21% de la superficie regada regional, y que cuenta solo con un 5,4% de riego tecnificado. El caso del Maule es similar, cuenta con el 51% de su superficie regada destinada a frutales y vides, con altas tasas de tecnificación de 86% y 76% respectivamente, lo que se contrasta con cereales y praderas que ocupan el 30% de la superficie, pero solo tienen una tecnificación de 13% y 4%, respectivamente (Tabla 2).

Tabla 2. Distribución de superficie regada por tipo de cultivo y sistema de riego en regiones de O'Higgins y del Maule (Censo Agropecuario y Forestal 2021)

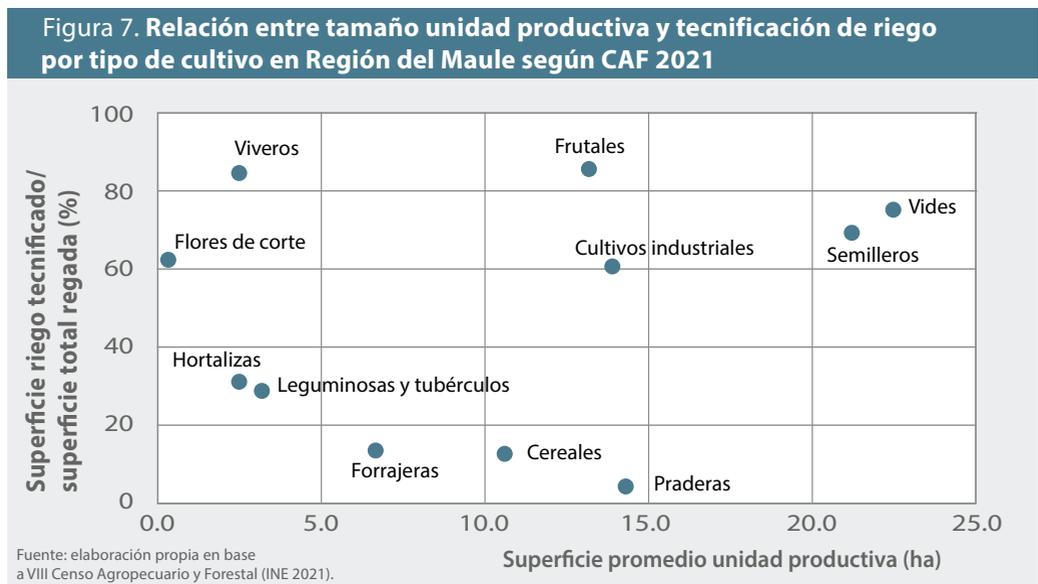
Región / Tipo de cultivo	Riego tradicional		Riego tecnificado (aspersión y microrriego)		Superficie total riego (ha)
	Superficie (ha)	Superficie (%)	Superficie (ha)	Superficie (%)	
Región de O'Higgins	55.487	41,7	77.509	58,3	132.997
Cereales	26.044	94,6	1.491	5,4	27.535
Cultivos Industriales	1.938	57,5	1.435	42,5	3.373
Flores de corte	23	38,3	37	61,7	60
Forrajeras	8.116	91,1	791	8,9	8.907
Frutales	5.814	12,7	39.887	87,3	45.701
Hortalizas	5.563	60,3	3.667	39,7	9.230
Leguminosas y tubérculos	1.261	91,8	112	8,2	1.373
Praderas	828	66,7	413	33,3	1.241
Semilleros	1.421	54,1	1.207	45,9	2.628
Vides	4.338	13,4	28.127	86,6	32.465
Viveros	143	29,5	342	70,5	485
Región del Maule	105.770	48,0	114.395	52,0	220.165
Cereales	40.558	87,1	5.982	12,9	46.540
Cultivos Industriales	1.627	39,5	2.489	60,5	4.117
Flores de corte	18	38,3	29	61,7	47
Forrajeras	11.596	86,3	1.840	13,7	13.436
Frutales	11.343	14,0	69.762	86,0	81.105
Hortalizas	7.058	68,4	3.258	31,6	10.316
Leguminosas y Tubérculos	3.807	70,5	1.592	29,5	5.400
Praderas	19.941	96,2	783	3,8	20.724
Semilleros	2.265	30,5	5.170	69,5	7.435
Vides	7.461	24,5	22.957	75,5	30.418
Viveros	94	15,0	533	85,1	626

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

La Figura 6 muestra el promedio de superficie predial para cada rubro y su nivel de tecnificación en la Región de O'Higgins, donde se aprecia que los rubros con mayor incorporación de riego tecnificado tienen perfiles de superficie muy distintos, desde 3,2 ha en viveros, 28 en frutales y hasta 50 ha en vides. Los valores intermedios de tecnificación, entre 50 % y 70 %, corresponden a superficies de 12 ha en semilleros y 1 ha en flores de corte. Los valores de tecnificación más bajos, inferiores al 10 %, se dan en cereales, forrajeras y leguminosas, con superficies promedio de 11, 6 y 2 ha, respectivamente.



La Figura 7 muestra esta relación en la Región del Maule, donde los rubros más tecnificados son los mismos que en O'Higgins (frutales, vides y viveros), aunque en esta región las superficies promedio son menores, inferiores al 50 % en el caso de frutales y vides. Hay coincidencia entre ambas regiones en los rubros menos tecnificados (leguminosas, forrajeras, praderas y cereales).



Enfocándose en el rubro frutícola, de gran importancia para las regiones de O'Higgins y del Maule, los datos de los Catastros Frutícolas muestran una tendencia clara de que los predios de mayor superficie tienen un mayor grado de tecnificación. El Catastro Frutícola de O'Higgins del año 2021 y del Maule del año 2016 muestran que los bloques⁴ catastrados que presentan riego tecnificado son significativamente más grandes que aquellos con riego tradicional, en un 83 % y 87 % respectivamente.

Tabla 3. Tamaño promedio de los bloques frutícolas catastrados 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)
O'Higgins (2021)					
No tecnificado	9.978	17.173	1,72	0,01	32,00
Tecnificado	24.674	77.907	3,16	0,01	180,00
Maule (2016)					
No tecnificado	5.901	18.212	3,09	0,01	106,01
Tecnificado	8.387	48.374	5,77	0,01	390,94

Fuente: elaboración propia en base a Catastro Frutícola CIREN-ODEPA 2016 y 2021

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.

⁴ Unidad geográfica mínima, 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.

► 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.

En 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 del proyecto apoyado por FIA denominado **“Programa de Innovación en el uso eficiente del recurso hídrico para la pequeña agricultura de las regiones de O’Higgins y Maule”**, 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 las regiones de O’Higgins y del Maule, y promover la adopción de tecnologías y mejores prácticas de riego.

El proyecto fue ejecutado por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) a través de los Centros Regionales de Investigación Raihuén y Quilimapu, que dispusieron un equipo de especialistas en riego con apoyo de profesionales 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 4. 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 las regiones de O’Higgins y del Maule” se desarrolló entre octubre de 2020 y octubre de 2021, debiendo adaptar la ejecución de sus actividades a las restricciones producto de la contingencia sanitaria.

Se estructuró en torno a los siguientes objetivos específicos:

- 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 una 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.
- Difundir en el territorio la implementación y desarrollo del programa.

El programa se desarrolló a través de las siguientes etapas:

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 INDAP, CNR, Programas SAT y PRODESAL de ambas regiones. Con la información recabada desde los informantes calificados, además de información secundaria, se focalizó el trabajo en la zona central de riego, en caso de la Región de O’Higgins en torno a las comunas de Chimbarongo y San Vicente de Tagua Tagua, dada su orientación productiva de frutales y hortalizas. En el caso de la Región del Maule, se orientó a Maule Norte y Maule Sur como ejes de productores y liceos agrícolas.

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:

Tabla 5. Conformación de grupos de agricultores por subterritorio

Región	Grupo	Comunas	Nº agricultores
O'Higgins	1	San Vicente de Tagua Tagua, Coltauco, Quinta de Tilcoco	33
	2	Chimbarongo, San Fernando, Chépica	17
Maule	1 Maule Norte	Colbún, Curicó, Teno, Molina, Retiro, Romeral, Talca	28
	2 Maule Sur	Linares, Longaví, Maule, Villa Alegre, Yerbas Buenas	22
Total			100

Fuente: proyecto precursor.

En relación con la participación de los establecimientos educacionales, se seleccionaron aquellos del ámbito agrícola en cada uno de los subterritorios definidos en la región, considerándose especialmente aquellos en los cuales el aporte del proyecto fuera significativo para complementar sus programas de estudio.

Tabla 6. Establecimientos educacionales participantes por subterritorio

Región	Grupo	Establecimiento educacional
O'Higgins	1	Liceo Agrícola, San Vicente
	2	Escuela Agrícola Don Gregorio, Chimbarongo
Maule	1 - Maule Norte	Liceo Simón Bolívar, Curicó
	2 - Maule Sur	Liceo Agrícola Sagrados Corazones, Villa Alegre

Fuente: proyecto precursor.

Cada establecimiento educacional firmó un convenio de colaboración con INIA para asegurar su compromiso de participación y mantención del sistema de riego implementado, poner a disposición la unidad piloto para actividades de capacitación a agricultores y su integración dentro de las actividades docentes.



3.2. Diagnóstico de sistemas de riego de agricultores

Se aplicó un diagnóstico a los sistemas de riego de un total de 100 agricultores seleccionados, para caracterizar la situación y problemas en el diseño, mantención y operación de sus sistemas de riego.

Tabla 7. Distribución agricultores evaluados según subterritorio y comuna

Región	Grupo	Comunas	N° agricultores
O'Higgins	1	San Vicente de Tagua Tagua	30
		Quinta de Tilcoco	2
		Coltauco	1
	2	Chimbarongo	14
		San Fernando	2
		Chépica	1
	Total región		
Maule	1	Retiro	7
		Teno	7
		Colbún	4
		Curicó	4
		Romeral	3
		Molina	2
		Talca	1
	2	Longaví	7
		Linares	5
		Maule	4
		Villa Alegre	3
		Yerbas Buenas	3
	Total región		
Total Programa			100

Fuente: proyecto precursor.

Los resultados de la evaluación de sistemas de riego localizado mostraron deficiencias en diseño, manejo y mantención de acumuladores de agua, programación de riego, tiempo de riego, monitoreo de riego y analítica de suelos y aguas.

Se aplicó una escala para evaluar el nivel de satisfacción o buen funcionamiento en 9 componentes del sistema de riego. En promedio, solo la variable **Impulsión** resultó calificada como "muy satisfactoria" en ambas regiones. Los componentes **Filtraje**, **Fertirrigación**, **Características de los emisores** y **Coefficiente de uniformidad**, obtuvieron en ambas regiones calificaciones "satisfactorias" o "muy satisfactorias", mientras que el **Estado de acumulador de agua** y **Elementos de control y programación** muestran resultados contrapuestos entre una región y otra.

Los aspectos que obtuvieron calificación “insatisfactoria” en ambas regiones fueron **Tiempo de riego** y **Analítica de calidad de suelos y aguas**.

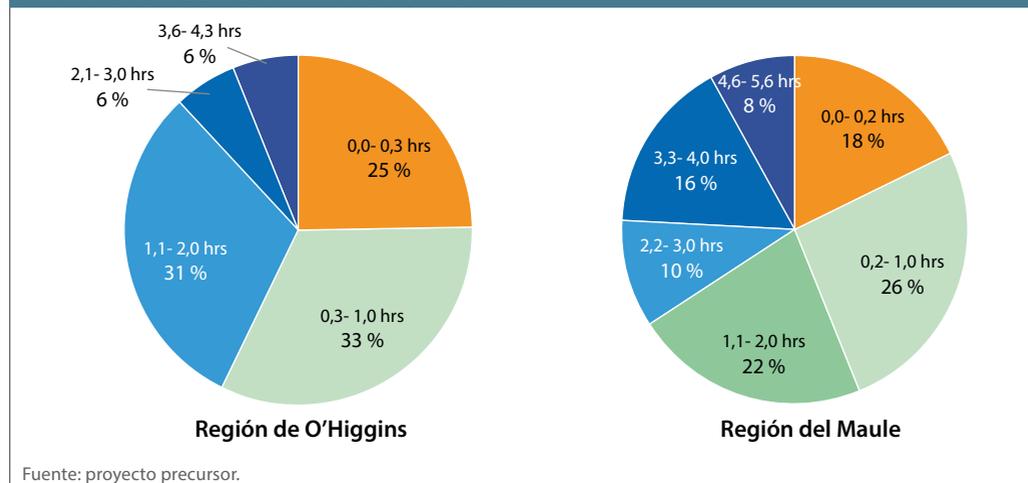
Tabla 8. Resultados diagnóstico condición del riego en las regiones evaluadas

Subcomponente	O'Higgins	Maule
1. Impulsión	Muy satisfactorio	Muy Satisfactorio
2. Filtraje	Satisfactorio	Muy Satisfactorio
3. Fertirrigación	Satisfactorio	Muy Satisfactorio
4. Características de los emisores	Satisfactorio	Satisfactorio
5. Coeficiente de uniformidad	Satisfactorio	Satisfactorio
6. Estado de acumulador de agua	Satisfactorio	Insatisfactorio
7. Elementos de control y programación	Insatisfactorio	Satisfactorio
8. Tiempo de riego	Insatisfactorio	Insatisfactorio
9. Analítica de calidad de suelos y aguas	Insatisfactorio	Insatisfactorio

Fuente: proyecto precursor.

Uno de los principales aspectos deficitarios diagnosticados fue la definición del programa de riego. Se realizó un cálculo de la demanda de riego en el mes de máximo requerimiento, en base al tipo de cultivo, fenología y características meteorológicas, y se comparó con el tiempo de riego efectivo que aplicaban los agricultores. De acuerdo con esto, solo el 25 % de los agricultores de O'Higgins y 18 % del Maule riegan con el volumen de agua correcto, por ende, el 75 % y 82 % entregan más agua de la necesaria. En los casos de mayor desvío, el 6 % de los agricultores de O'Higgins riegan de 3,6 a 4,3 horas más de lo que el cultivo necesita, mientras que en el Maule el 8 % riega 4,6 a 5,6 horas más de lo necesario. **Esta condición afecta fuertemente la eficiencia en el consumo de agua y energía, con la particularidad de que para mejorarla no se requiere realizar inversiones ni incurrir en mayores costos, si no que se requiere conocimiento para gestionar adecuadamente el riego según la demanda del cultivo.**

Figura 8. Diferencia entre tiempo de riego aplicado y calculado en mes de máxima demanda del cultivo





Aplicación de diagnóstico en sistemas de riego agrícolas.

En términos generales se apreció un nivel satisfactorio en el manejo de los componentes, sin embargo, es necesario reforzar con más actividades de difusión y gestión de conocimiento, a partir de la infraestructura ya instalada, que se evaluó en un buen nivel de diseño técnico.

En el levantamiento de información se consultó también de forma abierta sobre las necesidades de capacitación de los agricultores, cuyas menciones espontáneas coinciden en gran parte con los problemas detectados por el equipo técnico.

Del levantamiento en terreno y análisis del diagnóstico, se concluyó que:

- Existen brechas técnicas en el manejo de recurso hídricos intraprediales en las regiones de O'Higgins y del Maule.
- Las brechas son posibles de abordar mediante la gestión del conocimiento y la formación de capital humano en los territorios, aspecto que puede ser cubierto con las actividades del proyecto que restan por implementar.
- Existe concordancia entre los puntos críticos expuestos en el informe y las demandas de capacitación expresadas por los productores entrevistados.
- Se requiere desarrollar un programa sistemático de capacitación a productores y estudiantes de liceos agrícolas, con temas que aborden: aspectos conceptuales de fundamentos de riego; requerimientos de agua de los cultivos; uso, manejo y mantención de sistemas de riego localizado; uniformidad de riego; fertirriego, y aspectos básico de diseño de sistemas de riego en pequeña escala.

Los resultados del diagnóstico fueron entregados a cada agricultor para orientarlos en los requerimientos de mejora de sus sistemas de 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, dado 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 mantención. A continuación, se describen los 4 modelos implementados:

a) Liceo Agrícola El Tambo

Ubicado en el sector de El Tambo, San Vicente de Tagua Tagua, en el área agrícola, cuenta con alrededor de 3,5 ha productivas regadas principalmente por tendido. Entre ellas presentan cultivos que son representativos de la vocación productiva del territorio, tales como: alfalfa; frutales mayores como naranjos, limoneros, durazneros; hortalizas como tomate, lechugas, coles, leguminosas, que han sido regadas sin tecnificación. Contaban con un invernadero para la producción de hortalizas bajo plástico, tipo doble túnel de 360 m² con sistema de riego automatizado. Por lo tanto, lo que se realizó en esta unidad demostrativa fue la tecnificación de los cultivos pasando de riego por tendido a riego localizado por goteo en una superficie aproximada de 2,1 ha para cultivos hortofrutícolas (hortalizas, durazneros, limoneros y naranjos), y de esta manera, facilitar las herramientas para la gestión en el uso eficiente del recurso hídrico y como apoyo para la docencia con sus estudiantes.

Unidad demostrativa Liceo Agrícola El Tambo, San Vicente.



b) Escuela Agrícola Don Gregorio, Chimbarongo

La Escuela Agrícola Don Gregorio se encuentra en el sector de Peor es Nada, Chimbarongo. Este establecimiento cuenta con un invernadero de 1.600 m², tipo capilla múltiple con cubierta de policarbonato y riego tecnificado por microaspersión para la producción de hortalizas.

Dado que el nivel de implementación en equipos de riego del establecimiento era adecuado, se decidió apoyar una unidad demostrativa de producción de plantas (vivero), aportando con un sistema de riego tecnificado por microaspersión para propagación de material vegetal (384 m²) como plantas a raíz cubierta, principalmente plantines de hortalizas y ornamentales.

Adicionalmente se incorporó una estación agrometeorológica para el monitoreo de variables ambientales, dado que se detectó en el marco del proyecto una falta de información agrometeorológica en toda la zona de Chimbarongo, que dificulta la toma de decisiones o uso de la información.

Unidad demostrativa Escuela Agrícola Don Gregorio.



c) Liceo Técnico Profesional Simón Bolívar, Curicó

El Liceo disponía de un sitio con producción de frutales regados por surco y un invernadero tradicional (el cual es renovado en infraestructura y cultivo todos los años por los alumnos del establecimiento, con fines educativos) que es regado a través de surco o tendido, dependiendo del tipo de cultivo escogido.

Se estableció un invernadero con sistema de riego tecnificado que cuenta con todos los componentes necesarios para una correcta aplicación del recurso hídrico, según los requerimientos de agua y nutrientes de los cultivos a regar.

El diseño consideró la instalación de un invernadero metálico, con sistema automatizado de apertura de cortinas para ventilación, con sistema de nebulización tipo *fogger* de 92 m² con humidificadores, con un sistema de riego para cultivo de hortalizas (lechuga) y otro de planta ornamental en base a un sector de riego cada uno.

El interés del establecimiento es poder enseñar en condiciones prácticas alternativas de uso intensivo del suelo y del agua mediante el cultivo protegido y riego tecnificado.

Unidad demostrativa Liceo Técnico Profesional Simón Bolívar.



d) Liceo Sagrados Corazones, Villa Alegre

El Liceo Agrícola Sagrados Corazones posee una parcela ubicada en Loncomilla, comuna de Villa Alegre. En ella tienen producción de frutales regados por surco (vid vinífera) y los demás con riego tendido.

El diseño de la unidad demostrativa se realizó en base a lo existente en la parcela del establecimiento educacional, considerando que los cultivos ya han sido establecidos, y tecnificando en base a 6 sectores de riego (5 sectores de frutales y 1 sector con invernadero), con laterales dobles por hilera solamente en frutales. Para el caso del invernadero, se consideraron los parámetros de los cultivos de hoja y de flores ornamentales (lechuga y liliium) seleccionados por los docentes del establecimiento. En el caso de los frutales, se estableció un sector por cada tipo de cultivo (vid vinífera, manzano, arándano y cerezo).

Unidad demostrativa Liceo Sagrados Corazones, en Villa Alegre.



3.4. Ejecución de actividades de capacitación

A partir de las brechas identificadas en el informe técnico de evaluación de sistemas de riego, y de los intereses de capacitación expresados por los agricultores entrevistados, se definieron los contenidos temáticos para ser abordados en las jornadas de capacitación.

En el caso de las actividades programadas con estudiantes, se realizaron 3 talleres en cada establecimiento educacional. Se elaboró material educativo en formato audiovisual que fue presentado a los alumnos y docentes en cada charla técnica. Las temáticas fueron:

- Resultados de la línea base, producto de las vistas prediales a los productores y sistemas de riego evaluados.
- Fundamentos de riego: características físicas de suelo, movimiento de agua en el suelo, respuesta de las plantas a la disponibilidad de agua, y factores meteorológicos.
- Manejo y mantención de equipos de riego localizado: análisis de un sistema de riego y sus componentes, recomendaciones de manejo y mantención.

Estas actividades fueron desarrolladas *on line* con todos los establecimientos del proyecto, dadas las restricciones sanitarias.

En el caso de los talleres para los productores, no fue posible realizarlos de forma presencial, por las restricciones sanitarias. Por ello, se reemplazaron por una visita predial a cada uno de los agricultores, donde se les entregó directamente y en forma personalizada, los resultados de la evaluación de su sistema de riego. Se realizó con cada productor una sesión de aproximadamente 45 minutos donde se le entregó una ficha con los resultados de la evaluación, y retroalimentación con comentarios y sugerencias para el mejoramiento del manejo y mantención del sistema de riego. Además, se hizo entrega de un manómetro y fittings para evaluar presión de funcionamiento del sistema en diferentes puntos críticos, especialmente a la salida de los laterales, como una forma de fomentar la práctica de monitoreo del riego, aspecto que se encuentra deficiente, según los resultados de evaluaciones realizadas.

En total fueron capacitadas 221 personas, incluyendo agricultores, estudiantes y docentes.



Resultados y aprendizajes del proyecto

► 1. Soluciones tecnológicas propuestas

Se elaboró un Informe de Propuestas Tecnológicas para el uso eficiente del recurso hídrico, para abordar los principales problemas detectados en el manejo de recursos hídricos intraprediales. Según los datos recogidos en las evaluaciones realizadas a cada productor, se identificaron severas deficiencias de diseño, manejo y mantenimiento de estanques acumuladores e importantes problemas en la estimación de la demanda hídrica de los cultivos y su consiguiente tiempo de riego.

En muchos casos, los tiempos de riego aplicados por productores exceden largamente los requerimientos del cultivo, lo que produce una importante pérdida de agua e ineficiencia del sistema. Eso se produce porque las decisiones no se basan en criterios técnicos de apoyo, como el uso de información agroclimática y uso de sensores de humedad de suelo para monitoreo del riego.

El informe elaborado abarca estos dos ámbitos con alternativas de mejoramiento para los agricultores. Los ámbitos y temas específicos son:

Ámbito 1. Infraestructura predial de riego.

- Criterios de diseño de acumuladores de agua
- Manejo y mantenimiento de acumuladores de agua

Ámbito 2. Gestión de recursos hídricos intraprediales: programación y monitoreo del riego.

- Uso de información agrometeorológica
- Uso de sensores para monitoreo de riego

Como taller de innovación en riego destinado a agricultores y estudiantes, se definió capacitar en la metodología de Evaluación de Coeficiente de Uniformidad de Riego. En el caso

de los agricultores, esta se realizó en su primera visita predial, donde el profesional del proyecto capacitó a cada productor en la selección del sitio a muestrear, toma de muestras, registros de campo, cálculo de resultados e interpretación de resultados.

En el caso de los estudiantes, se desarrolló la misma metodología en trabajos grupales en cada establecimiento, donde apoyados por el profesional a cargo se aplicó la metodología en forma práctica en cada unidad demostrativa instalada por el proyecto.

La decisión de capacitar en esta técnica responde a su sencillez y bajo costo de aplicación, y la alta relevancia en la información que entrega respecto de la uniformidad con que el equipo está aplicando agua al cultivo, además de datos de precipitación del equipo, que es necesario conocer para estimar tiempos de riego adecuados. Esto tiene un impacto directo en la eficiencia de riego y la consiguiente optimización de recursos hídricos intraprediales.

La cobertura de estas actividades fue total, ya que se desarrolló en terreno con cada uno de los productores en su primera visita predial; y en cuanto a los talleres realizados en los liceos, se realizó uno en cada establecimiento.

Capacitación a estudiantes en medición de coeficiente de uniformidad de riego.



► 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 en octubre de 2022, después de terminado el proyecto.

a) Liceo Agrícola El Tambo

La tecnificación del sistema de riego permitió optimizar el uso de agua, mejorando la calidad de los cultivos y entregando mayor estabilidad en la administración del recurso hídrico.

La instalación del sistema permite ampliar y diversificar la superficie cultivada, y entregar a los estudiantes mejores herramientas para la empleabilidad, ya que el conocimiento en operación de sistemas de riego es muy valorado por las empresas agrícolas de la zona. El aporte del proyecto se alineó perfectamente con los planes de desarrollo del establecimiento, por lo cual ha sido muy bien valorado. El trabajo con INIA también ha derivado en la participación en otras iniciativas conjuntas.

Instalaciones Liceo Agrícola El Tambo (octubre 2022).



b) Escuela Agrícola Don Gregorio, Chimbarongo

Las obras desarrolladas en el proyecto permitieron ampliar la superficie productiva aprovechando de mejor forma los espacios disponibles y optimizando el recurso hídrico.

Las estructuras techadas permiten a los alumnos trabajar de forma cómoda y segura en el invierno, destinando el terreno al desarrollo de diversos cultivos, como hortalizas, hierbas aromáticas y plantas ornamentales. Con esto, además de abastecer con productos al propio establecimiento, se busca dotar a los alumnos de herramientas y conocimiento para desarrollar pequeños emprendimientos familiares con los cuales puedan generar recursos.

La capacitación de los estudiantes en riego los deja mejor preparados para ingresar al mundo del trabajo, para lo cual el establecimiento cuenta con convenios para inserción laboral. El proyecto FIA, en consecuencia, aportó mucho en fortalecer el proyecto educativo que ya estaba en curso.

Instalaciones Escuela Agrícola Don Gregorio (octubre 2022).



c) Liceo Técnico Profesional Simón Bolívar

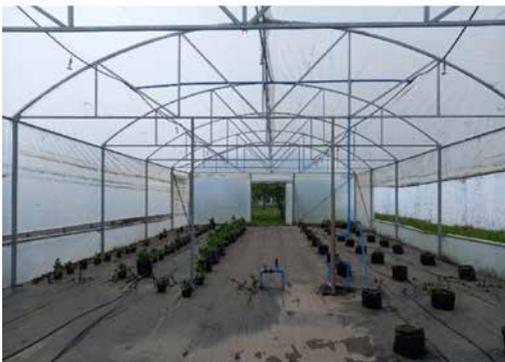
El establecimiento, con recursos propios, amplió el invernadero financiado por el proyecto y construyó un pozo. En conjunto con la caseta de riego, bomba e instalaciones aportadas por el proyecto, mejoró sustancialmente la seguridad en el abastecimiento de agua ya que anteriormente regaban solo en base a los turnos de un pequeño canal contiguo.

El pequeño huerto frutal con manzanos y cerezos con que se contaba anteriormente fue renovado con nuevas plantas y riego tecnificado reemplazando al riego por surco. El sistema de riego ha permitido regar de forma más eficiente, y además se encuentra probando distintas variantes del sistema para evaluar sus resultados. En invernadero se cultivaron lechugas y acelgas, y actualmente se cuenta con plantas de frambuesa y arándanos en macetas, con la proyección de generar productos con valor comercial.

El nuevo sistema de riego cambió totalmente la forma de manejo del área productiva, con una adecuada sectorización que permite un mejor control según las necesidades de los cultivos. Los estudiantes han aprendido mucho en la operación de los sistemas, si bien no pudieron participar de la instalación pues las clases presenciales se encontraban suspendidas.

Si bien no se han hecho actividades de capacitación con agricultores, esperan que eso se reactive en el proyecto de continuidad, lo que les permitirá un mejor reconocimiento de la comunidad y con ello atraer estudiantes a su proyecto educativo.

Instalaciones Liceo Técnico Profesional Simón Bolívar (octubre 2022).



d) Liceo Sagrados Corazones, Villa Alegre

El sistema de riego tecnificado ha permitido hacer un uso más eficiente del recurso hídrico disponible, mejorar la condición y uniformidad de las plantas, y optimizar el trabajo de riego al tener sectorizado el terreno en los distintos cultivos.

La capacitación de los estudiantes contribuye a generar una conciencia temprana en el cuidado del agua. Asimismo, se espera que al entregar mayores herramientas técnicas los egresados tengan una mayor probabilidad de mantenerse en el área agrícola, ya sea en el mundo laboral o en la educación superior, además de transmitir el conocimiento a sus familias, muchas de las cuales trabajan en el mundo agrícola.

Instalaciones Liceo Sagrados Corazones de Villa Alegre (octubre 2022).



► 3. Adopción de tecnología por los agricultores

El proyecto precursor, por su duración y objetivos, no incluyó una evaluación de la adopción efectiva de las tecnologías por parte de los agricultores. Sin embargo, en el proceso de entrevistas y valorización posterior, se han recopilado testimonios de agricultores sobre qué aspectos pudieron mejorar y los cambios que han significado en la eficiencia de su sistema productivo. A continuación, se sistematizan los relatos de los agricultores entrevistados, todos los cuales tuvieron una alta asistencia a las actividades de capacitación.

- Productor de cerezas, Roma, Región de O'Higgins: ajustó el programa de riego siguiendo las recomendaciones entregadas en el proyecto, y realiza análisis de suelo y agua para optimizar la entrega de fertilizantes a través del riego.



- Productor de frambuesa, Colbún, Región del Maule: reemplazó riego por surco por riego por goteo, y ajustó el programa de riego siguiendo las recomendaciones entregadas en el proyecto. Aumentó la entrega de agua logrando un mayor desarrollo de las plantas y mejor rendimiento a la cosecha.



- Productor de cerezos, Los Lingues, Región de O'Higgins: ahorró agua y consumo de energía al cambiar de riego por surco a riego por goteo (previo al proyecto). Siguiendo las indicaciones que se le entregaron en el proyecto ha mejorado el sistema de fertirriego, consiguiendo una mayor eficiencia en el aporte de nutrientes, lo que se traduce en una mejor calidad de fruta, lo cual ha sido evaluado por la empresa compradora.



- Productor de cerezos, Teno, Región del Maule: siguiendo las recomendaciones entregadas en el proyecto, ajustó el programa de riego reduciendo el consumo total de agua y energía, disminuyó el tiempo de riego y aumentó la frecuencia. Con ello mejoró visiblemente la condición de las plantas y rendimiento a la cosecha.



- Productor de cereza orgánica y mora cultivada, Porvenir, Región del Maule: siguiendo las recomendaciones entregadas en el proyecto, aumentó la oferta de agua mejorando el programa de riego y la eficiencia, ya que pasó de riego mixto surco/goteo a goteo. Esto se vio reflejado en una mejora en el desarrollo de las plantas y una producción superior en 4 toneladas a la temporada anterior.



- Productor de duraznos, El Tambo, Región de O'Higgins: realiza limpieza periódica de tranque acumulador, con lo cual mejora calidad de agua y evita obstrucciones en la red de riego, y realiza análisis de suelo y agua para optimizar la entrega de fertilizantes a través del riego.



Con posterioridad al término del proyecto precursor, se articularon nuevos proyectos para continuar la misma línea y ampliar su cobertura en las regiones. Actualmente hay tres proyectos en curso que son ejecutados por INIA Rayentué e INIA Quilmapu, donde se replica la metodología y se introducen elementos de seguimiento que permitan hacer una evaluación de la adopción de las tecnologías de riego y sus impactos productivos y económicos.

Los tres proyectos se pusieron en marcha en el año 2022, y dado que la temporada de riego más intenso corresponde al periodo estival 2022-2023, aún no se cuentan con antecedentes cuantitativos de la evaluación de resultados. Estas iniciativas son:



- **Programa de innovación en el uso eficiente del recurso hídrico para la pequeña agricultura de la Región de O'Higgins** (diciembre 2021-agosto 2023). En este proyecto se mantienen 20 de los 50 agricultores de la Región de O'Higgins que participaron en el proyecto precursor, de los cuales se tendrá un seguimiento y evaluación de largo plazo que permitirá medir cuantitativamente la adopción de las tecnologías y sus resultados. Se mantienen las dos unidades demostrativas de la región y se agregan la Escuela Agrícola Cristo Obrero, de Graneros, y el Liceo Agrícola Juan Pablo II, de Nancagua.
- **Programa de innovación en el uso eficiente del recurso hídrico para la pequeña agricultura de la Región de Maule** (diciembre 2021-agosto 2023). En este proyecto se mantienen 20 de los 50 agricultores de la Región del Maule que participaron en el proyecto precursor, de los cuales se tendrá un seguimiento y evaluación de largo plazo que permitirá medir cuantitativamente la adopción de las tecnologías y sus resultados. Se mantienen las dos unidades demostrativas de la región y se agregan el Liceo Agrícola Marta Martínez Cruz, de Yerbas Buenas, y el Liceo Federico Heise Marti, de Parral.
- **Transferencia de innovación en el uso eficiente del recurso hídrico para la pequeña agricultura de la Región de Ñuble** (febrero 2022-enero 2024). El proyecto busca promover la adopción de tecnologías de eficiencia hídrica, para lo cual se capacitará a 150 pequeños agricultores, 60 extensionistas y 90 estudiantes de liceos agrícolas, en las tres provincias de la región. Los establecimientos educacionales que participan como unidades demostrativas son: el Colegio Politécnico Víctor Jara, de Quiriquina; Liceo Arturo Prat, de Ninhue; Liceo Agrícola de San Carlos, y Escuela Agrícola de Cato, en Chillán.

► 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 Metropolitana, de O'Higgins, del Maule, de Ñuble y del Biobío.

Es importante señalar que la propuesta metodológica de la estrategia de intervención del Programa, en términos generales, es la misma para cada una de las regiones,⁵ con algunas particularidades de acuerdo con las características de los productores y rubros trabajados.

⁵ 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 regiones Metropolitana y de Valparaíso.

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.
- 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.

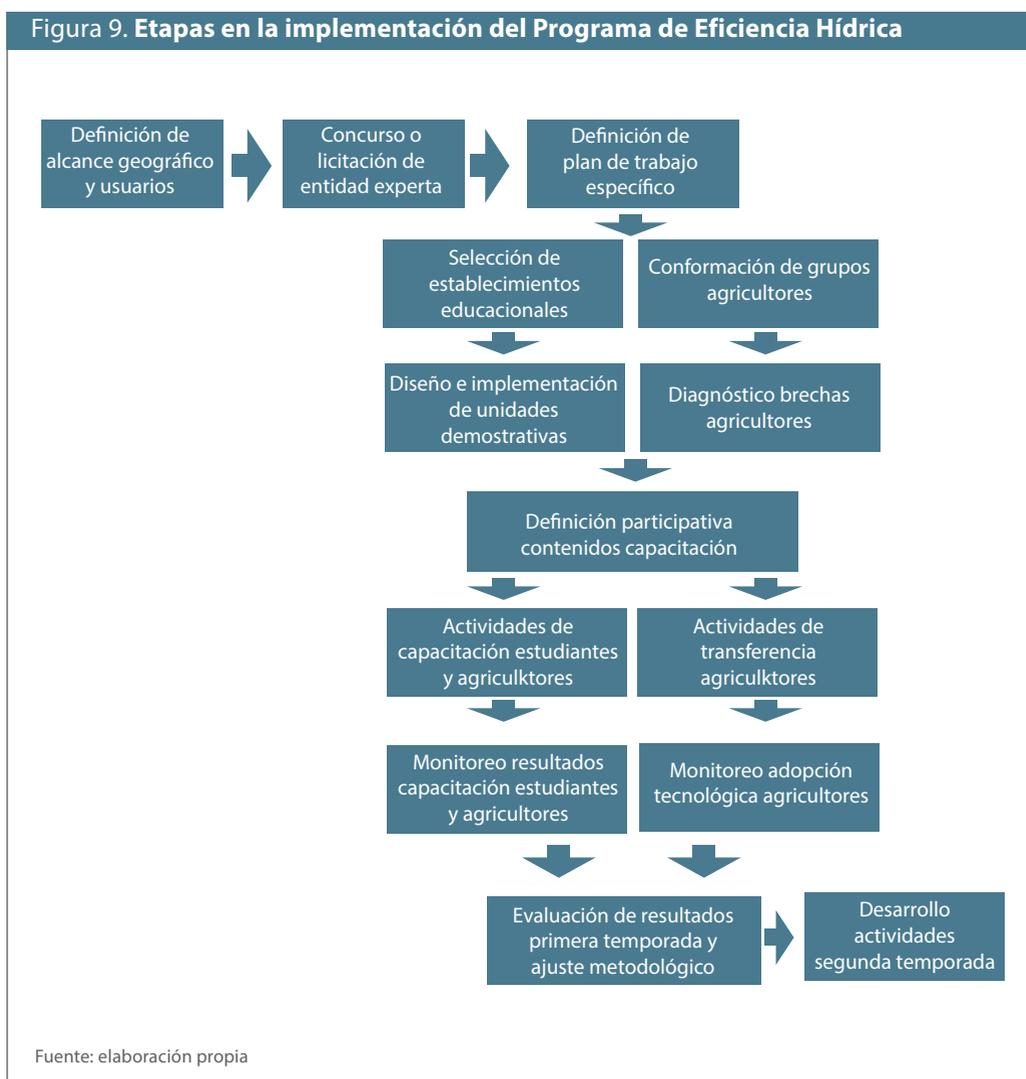
El equipo de especialistas deberá contar con competencias y experiencia comprobada en riego, guiarse por pautas de criterios comunes y utilizar los mismos instrumentos de diagnóstico y seguimiento, de modo que la información pueda ser sistematizada para efectos de comparación y análisis. Deberá procurarse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

prador, 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

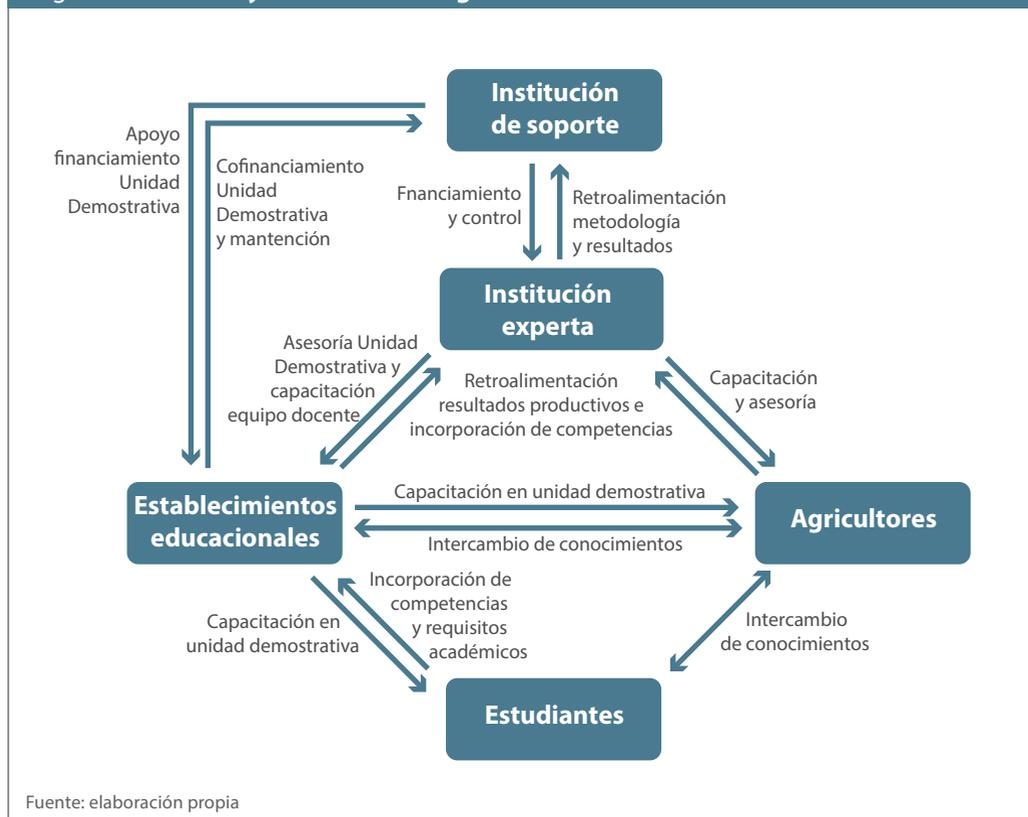
En la figura siguiente se presentan las etapas esquemáticas para el desarrollo de los componentes anteriormente descritos.



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 del programa.

Figura 10. 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.

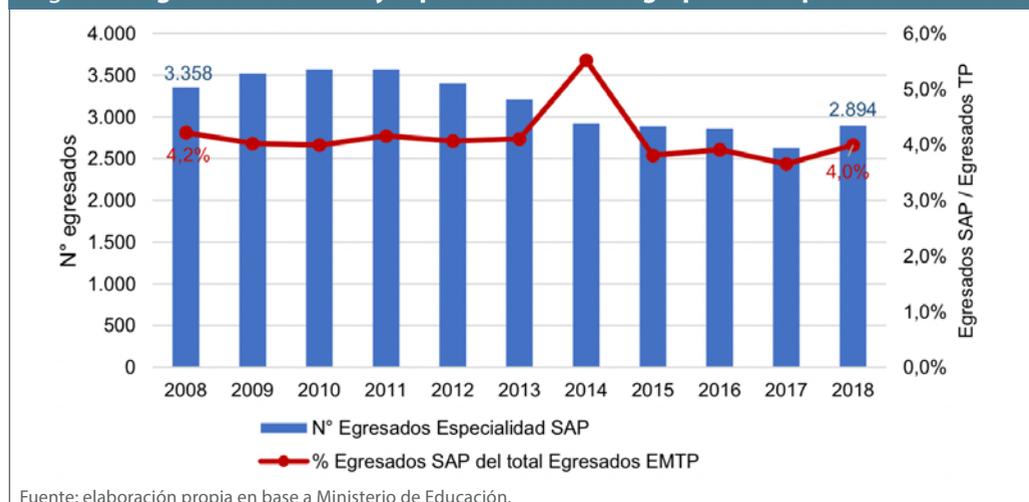
Tabla 9. Distribución regional de establecimientos de educación media técnico profesional, año 2022

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 11. 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	Nº 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 sistemática de la adopción tecnológica, por lo cual a la fecha solo se cuenta con algunos antecedentes parciales de un grupo de agricultores que están participando de la segunda fase del proyecto en ambas regiones.

Se tomará como **caso de análisis la producción de cerezos**, en base a su representatividad e importancia en la agricultura de las regiones donde se ejecutó el proyecto, donde alcanza el 23 % a 24 % de la superficie frutícola total, y más del 82 % cuenta con riego tecnificado. Esto se vio representado en el proyecto, donde de 100 agricultores participantes, 20 fueron productores de cerezos, con un total de 70 hectáreas.

A continuación, se presentan los supuestos del análisis productivo y económico, que se basan en el diagnóstico y recomendaciones que el equipo de especialistas entregó a los agricultores y en fichas técnico-económicas de cerezo disponibles en la literatura.⁶

Tabla 14. Estimación de variación de parámetros técnico-económicos por reemplazo de riego tradicional por riego tecnificado (1 ha cerezo plena producción regiones O'Higgins-Maule)

Parámetro	Unidad	Riego tradicional		Riego tecnificado		Detalle supuestos
		Valor unitario \$/ unidad	Nº unidades	Valor unitario \$/ unidad	Nº unidades	
Mano de obra riego	JH/ha	30.000	12	33.000	6	La mejora en la eficiencia (automatización y control) permite reducir 50 % la mano de obra dedicada a riego, pero aumenta costo unitario 10% por mayor capacitación
Fertilizantes suelo	Global/ha	1.000.000	1	800.000	1	La implementación adecuada del sistema de fertirriego, con mayor control sobre volumen, dosificación y forma de aplicación, permite reducir en 20% la cantidad de producto aplicado
Electricidad riego	Global	150.000	1	300.000	1	La implementación de sistema de impulsión aumenta en 100 % el consumo de electricidad
Mantenimiento riego y otros	Global	200.000	1	400.000	1	La implementación del sistema de riego requiere mayor mantenimiento y recambio de piezas, lo que incrementa costo en 100 %
R e n d i - m i e n t o	Kg/ha	-	8.000	-	9.600	La optimización en la entrega de agua y nutrientes según requerimientos, aumenta rendimiento en un 20 %

Fuente: elaboración propia en base a fichas técnico-económicas del cultivo.

⁶ Fichas INDAP: <https://www.odepa.gob.cl/fichas-de-costos/fruta-fresca>
Fichas ODEPA: <https://www.indap.gob.cl/fichas-tecnicas>
SMARTCHERRY: <https://www.smartcherry.cl/costos-produccion-cerezos/>

El cuadro anterior refleja los resultados anuales para 1 hectárea en plena producción, es decir, desde el año 7 en adelante. El incremento del rendimiento asociado al riego tecnificado resulta en aumento de todos aquellos costos variables relacionados con la cosecha, como la mano de obra, parte de la maquinaria y fletes. Los resultados agregados se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 15. Resumen Ficha técnico-económica comparativa entre riego tradicional y riego tecnificado (1 ha cerezo plena producción regiones O'Higgins-Maule)

Ítem		Riego tradicional	Riego tecnificado
COSTOS	Unidad	Costo \$	Costo \$
Mano de obra			
Fijo	JH	1.800.000	1.800.000
Variable según riego	JH	360.000	198.000
Variable según cosecha	kg	3.200.000	3.840.000
Total mano de obra		5.360.000	5.838.000
Maquinaria			
Fijo	HM	600.000	600.000
Variable según cosecha	kg	600.000	720.000
Total maquinaria		1.200.000	1.320.000
Insumos			
Fertilizantes suelo (variable según riego)	global	1.000.000	800.000
Fertilizantes foliares y agroquímicos	global	1.400.000	1.400.000
Electricidad (variable según riego)	global	150.000	300.000
Fletes (variable según cosecha)	kg	480.000	576.000
Mantenimiento y otros (variable según riego)	global	200.000	400.000
Total Insumos		3.230.000	3.476.000
TOTAL COSTOS DIRECTOS		9.790.000	10.634.000

Rendimiento (kg/ha)	8.000	9.600
Precio (\$/kg)	2.000	2.000
TOTAL INGRESOS (\$)	16.000.000	19.200.000

MARGEN BRUTO (\$/ha)	6.210.000	8.566.000
MARGEN BRUTO (\$/kg)	776	892
Diferencial MARGEN BRUTO (\$/ha)	-	2.356.000
Diferencial MARGEN BRUTO (\$/kg)	-	116

Fuente: elaboración propia.

Bajo este conjunto de parámetros, el riego tecnificado genera un incremento del margen bruto anual por hectárea de casi \$2,4 millones, y de \$116 por kg de fruta cosechada. El

menor uso de mano de obra para la labor de riego es el principal factor que incide en el resultado, ya que, aunque el rendimiento fuera el mismo, el diferencial aún sería positivo para el riego tecnificado.

Estos parámetros pueden extenderse para una evaluación económica más completa, con un horizonte de evaluación de 12 años, una inversión inicial en riego tecnificado de \$3,5 millones y una reinversión del 50% de dicho valor en el año 6. De acuerdo con esta proyección, el sistema de riego tecnificado entrega una rentabilidad por hectárea casi \$3 millones superior al riego tradicional.

Tabla 16. Proyección evaluación económica comparativa entre riego tradicional y riego tecnificado (1 ha cerezo regiones O'Higgins-Maule)

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Años 7-12
Riego tradicional								
Inversión (\$M)	11.000							
Ingresos (\$M)				2.667	5.333	8.000	12.000	16.000
Costos (\$M)		881	4.406	5.678	6.853	6.368	6.752	9.790
Margen operacional (\$M)	-11.000	-881	-4.406	-3.012	-1.520	1.632	5.248	6.210
VAN (\$M) (10 %)	500							
TIR	10%							
Riego tecnificado								
Inversión (\$M)	14.500						1.750	
Ingresos (\$M)				3.200	6.400	9.600	14.400	19.200
Costos (\$M)		957	4.785	6.168	7.444	6.917	7.334	10.634
Margen operacional (\$M)	-14.500	-957	-4.785	-2.968	-1.044	2.683	5.316	8.566
VAN (\$M) (10%)	3.458							
TIR	12%							
Diferencial VAN (\$M)	2.958							

Fuente: elaboración propia.

La mayor eficiencia en el consumo de agua permitiría aumentar la superficie cultivada, pues con el mismo volumen de agua sería posible regar efectivamente mayor número de árboles. Por otra parte, si bien no ocurre de forma rutinaria, el agua "ahorrada" podría ser puesta en el mercado, ya que, si bien no representa un costo monetario directo para el agricultor, en casos de extrema escasez se ha visto la necesidad de que los agricultores deficitarios deban salir al mercado para adquirir el agua faltante. Por lo tanto, el agua que se deja de consumir tiene una valorización económica, y podría transformarse en un ingreso bajo determinadas

circunstancias. De forma pionera, existe una empresa especializada en tecnologías para la gestión del riego que ofrece compensar económicamente por el agua ahorrada a los agricultores que utilicen su servicio.⁷

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.

⁷ <https://kilimo.com/compensacion-de-agua/>

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 ambas regiones fueron la asignación de tiempo de riego y la realización de análisis de calidad de suelos y aguas. El primer factor resulta muy interesante, pues cerca del 80 % de los agricultores regaba más tiempo del necesario, lo cual implica un mayor consumo hídrico y energético, sin que ello mejore la calidad y productividad de los cultivos. Esta situación parece paradójica, ya que revela que los agricultores no están enfrentando una escasez de agua, sino que cuentan con recurso más que suficiente para sus necesidades. Sin embargo, esto refleja una gran fragilidad y dependencia de las condiciones meteorológicas locales de cada temporada,

puesto que el suministro de agua puede presentar grandes variaciones entre un año y otro. Por lo tanto, en periodos de aparente abundancia, se hace necesario preparar los sistemas productivos y mejorar las capacidades de los agricultores para gestionar adecuadamente el agua de riego, para hacer frente a los periodos de escasez que se avecinan. Además, este tipo de mejoras no requiere inversiones, sino que una adecuada toma de decisiones en base al conocimiento de cada cultivo y las condiciones ambientales.

Respecto a la analítica de suelos y agua existe un escaso uso de esta práctica que, si bien supone un costo directo para el agricultor, permite ajustar muchas medidas de manejo (programación del riego, fertilización) que a la larga generan beneficios productivos y económicos.

En general, la implementación de unidades demostrativas fue muy bien recibida y valorada por los establecimientos educacionales, ya que se articuló de buena forma con su proyecto educativo. En todas las escuelas o liceos participantes se diseñaron sistemas de gran valor para el aprendizaje práctico de los alumnos, que de esta forma pueden salir al mercado laboral mejor preparados.

El eslabón más débil entre las entidades participantes fue la relación entre agricultores y establecimientos educacionales, que no pudo materializarse por las restricciones sanitarias. 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 las regiones de O'Higgins y del Maule (Censo Agropecuario y Forestal 2021)

Región / 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
Región de O'Higgins	132.997	100,0	55.487	74.558	2.952	41,7	56,1	2,2
Cereales	27.535	20,7	26.044	410	1.082	94,6	1,5	3,9
Cultivos Industriales	3.373	2,5	1.938	1.355	80	57,5	40,2	2,4
Flores de corte	60	0,0	23	37	0	37,7	61,9	0,4
Forrajeras	8.907	6,7	8.116	153	638	91,1	1,7	7,2
Frutales	45.701	34,4	5.814	39.555	332	12,7	86,6	0,7
Hortalizas	9.230	6,9	5.563	3.450	217	60,3	37,4	2,4
Leguminosas y Tubérculos	1.373	1,0	1.261	84	28	91,8	6,2	2,0
Praderas	1.241	0,9	828	6	407	66,7	0,5	32,8
Semilleros	2.628	2,0	1.421	1.077	130	54,1	41,0	5,0
Vides	32.465	24,4	4.338	28.127	0	13,4	86,6	0,0
Viveros	485	0,4	143	304	38	29,5	62,7	7,8
Región del Maule	220.165	100,0	105.770	97.096	17.299	48,0	44,1	7,9
Cereales	46.540	21,1	40.558	188	5.794	87,1	0,4	12,4
Cultivos Industriales	4.117	1,9	1.627	1.590	899	39,5	38,6	21,8
Flores de corte	47	0,0	18	29	0	37,6	61,4	0,9
Forrajeras	13.436	6,1	11.596	414	1.426	86,3	3,1	10,6
Frutales	81.105	36,8	11.343	67.653	2.109	14,0	83,4	2,6
Hortalizas	10.316	4,7	7.058	2.481	777	68,4	24,0	7,5
Leguminosas y Tubérculos	5.400	2,5	3.807	173	1.419	70,5	3,2	26,3
Praderas	20.724	9,4	19.941	40	743	96,2	0,2	3,6
Semilleros	7.435	3,4	2.265	1.091	4.078	30,5	14,7	54,9
Vides	30.418	13,8	7.461	22.957	0	24,5	75,5	0,0
Viveros	626	0,3	94	480	53	15,0	76,6	8,4

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						

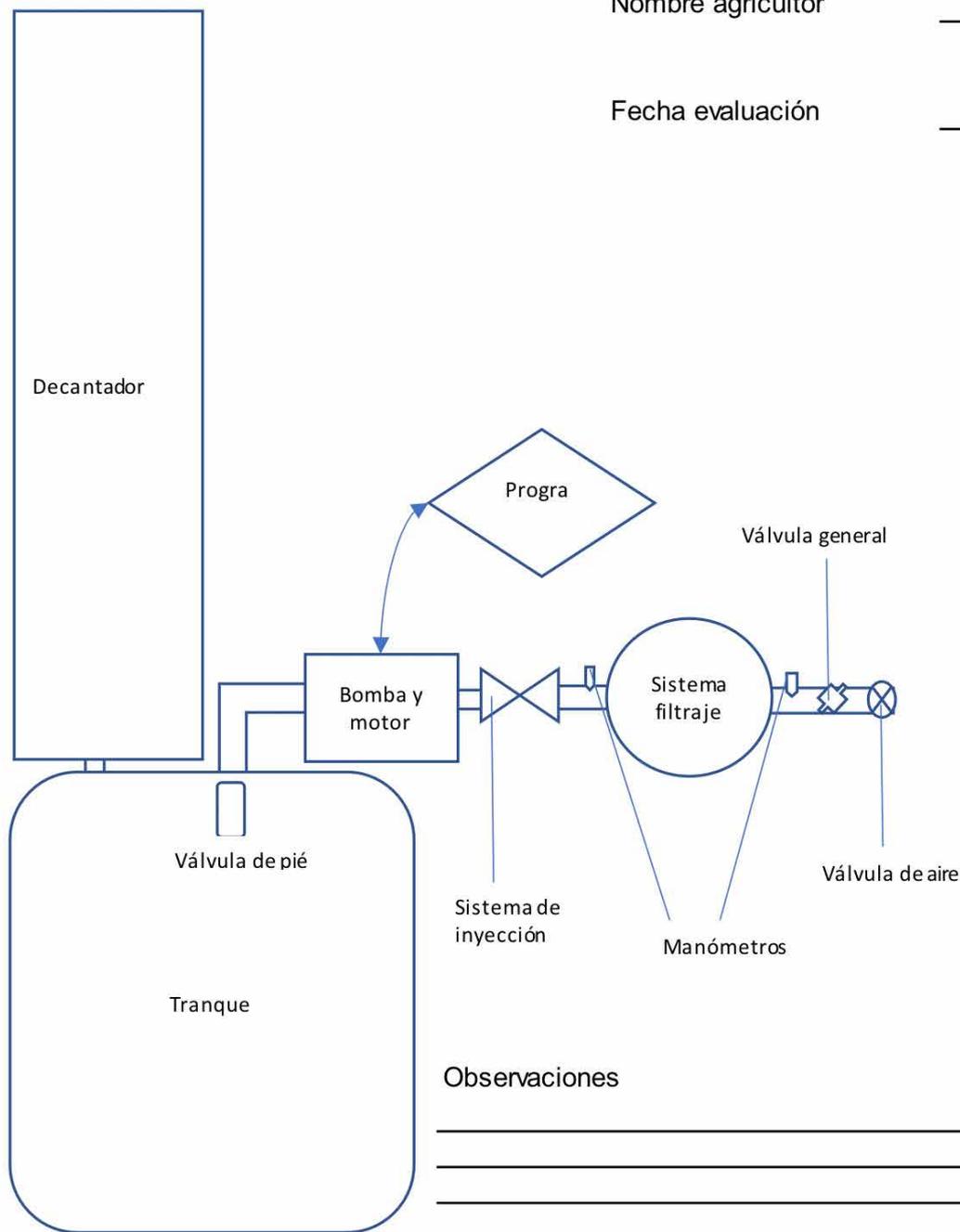
Color de sedimento al destapar lateral crítica	Limoso/Marrón <input type="checkbox"/>	Rojo/Naranja <input type="checkbox"/>	Verde <input type="checkbox"/>	Inexistente <input type="checkbox"/>	
Presión al final de lateral (mca, 5 minutos posterior a la partida)	Lateral favorecida:		Lateral crítica:		
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 de 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
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 portalateral		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 encuentre 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
Sofía Felmer Echeverría	INIA Rayentué
Abelardo Villavicencio Poblete	INIA Quilamapu
Marco Mora Galleguillos	INIA Rayentué
Carolina Órdenes Vásquez	INIA Raihuén

CONTRAPARTE FIA

Nombre	Cargo
Robert Giovanetti Machuca	Representante Regional O'Higgins y Maule
Gabriela Casanova Arancibia	Encargada Área de Consolidación y Transferencia

ESTABLECIMIENTOS EDUCACIONALES

Nombre	Cargo
Gabriel González Echegoyen	Director Liceo Agrícola de San Vicente
Benito Castro	Docente encargado área técnica Liceo Agrícola de San Vicente
José López Francés	Director Escuela Agrícola Don Gregorio
Carolina Romero Vergara	Docente encargada área técnica Escuela Agrícola Don Gregorio
Sandra Navarro Montenegro	Docente área técnica Escuela Agrícola Don Gregorio
Víctor Navarro Mira	Director Liceo Simón Bolívar de Curicó
Gabriel González Sagredo	Docente encargado área técnica Liceo Simón Bolívar de Curicó
Miguel Díaz Jara	Director Liceo Agrícola Sagrados Corazones de Villa Alegre

AGRICULTORES

Nombre	Lugar
Ernesto Caris	El Tambo, Región de O'Higgins
Fernando Fredes y Eduardo Fredes	Roma, Región de O'Higgins
José Pereira Galleguillos	San José de Los Lingues, Región de O'Higgins
Oscar Maripangue Aliaga	Teno, Región del Maule
Juan Avendaño Méndez	Porvenir, Región del Maule
Claudio Balboa Díaz	Colbún, Región del Maule

161

