



Plataforma de gestión del agua en la agricultura 2030 ATN/RF-17950-RG

Producto 2

**Indicadores de eficiencia del uso del agua en sitios piloto de Chile,
Argentina, Colombia y Uruguay.**

**Claudio Balbontín, Roberto Martínez, Ayelén Montenegro, Fernando González, Carlos Puertas,
Liliana Ríos, Claudio García, Álvaro Otero, Claudia Bavestrello, Britt Wallberg.**





Códigos JEL: Q16

FONTAGRO (Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria) es un mecanismo único de cooperación técnica entre países de América Latina, el Caribe y España, que promueve la competitividad y la seguridad alimentaria. Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), FONTAGRO, de sus Directorios Ejecutivos ni de los países que representan.

El presente documento ha sido preparado por Claudio Balbontín, Liliana Ríos, Roberto Martínez, Fernando González, Claudio García, Álvaro Otero, Claudia Bavestrello.

Copyright © 2023 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial- SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas. Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional. Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Esta publicación puede solicitarse a:

FONTAGRO

Correo electrónico: fontagro@fontagro.org

www.fontagro.org



Tabla de Contenidos

Tabla de contenido

Resumen	7
Abstract	8
1. Introducción	9
2. Uso del agua en la agricultura de las zonas piloto.	12
Provincia de Río Negro, Argentina.....	12
Provincia de San Juan, Argentina.....	13
Provincia de Mendoza, Argentina.....	14
Región de Coquimbo, Chile.....	15
Valle del Cauca y Distrito RUT, Colombia.	17
i. Valle del Cauca.....	20
ii. Distrito de riego RUT.	20
Arroyo del Tala, Uruguay.	22
3. Materiales y métodos	24
3.1 Pilotos Argentina.	24
I. Piloto Junín, Mendoza.....	24
II. Piloto San Juan	26
III. Piloto Río Negro, Patagonia Norte.	27
3.1 Pilotos Chile.	28
3.3 Pilotos Colombia.....	30
I. Piloto Distrito RUT	30
II. Piloto Centro de Investigación Palmira, Agrosavia.....	32
3.4 Diseño Experimental de Pilotos establecidos en Uruguay.....	34
4. Descripción de los indicadores objetivamente verificables por el proyecto, metodología de medición y registro.	36
Indicador 1: Volumen de agua utilizado en cada parcela piloto.	36



Forma de medición del indicador 1.	36
Indicador 2: Rendimiento.	36
Forma de medición del indicador 2.	36
Indicador 3: Productividad del agua.	36
Forma de medición del indicador 3.	37
Indicador 4: Nivel de adopción tecnológica en infraestructura de monitoreo para el riego.	37
Forma de medición del indicador 4.	37
5. Línea base de los indicadores objetivamente verificables por el proyecto.	38
6. Conclusiones	46
7. Referencias Bibliográficas	47



Tabla de figuras

Figura 1. Porcentajes de métodos de riego en Chile según el Censo Agropecuario 2021. Cada círculo de colores presenta el desglose de cada método de riego.....	17
Figura 2. Evolución de la producción de maíz y soja en Uruguay. (Fuente: DIEA-MGAP, 2021.).	22
Figura 3. Piloto tecnológico de vides en Junín-Mendoza.....	24
Figura 4. Monitoreo de cultivo con valores de NDVI para el ciclo 2021-2022.	25
Figura 5. Ubicación piloto tecnológico en el departamento de Pocito, San Juan y cultivo de tomate industrial monitoreado.....	26
<i>Figura 6. Ubicación de los valles de Negro Muerto, Guardia Mitre y zona de riego del partido de Patagones.....</i>	<i>27</i>
Figura 7. Ubicación parcela piloto Pan de Azúcar y vista general de los cultivos.....	28
Figura 8. Infraestructura para el riego en parcela Pan de Azúcar.....	29
Figura 9. Red de estaciones meteorológicas automáticas (EMAs) en la región de Coquimbo y estación disponible en la parcela piloto.....	29
Figura 10. Ubicación piloto distrito de riego RUT.	30
Figura 11. Esquema de red de estaciones de registro instalado en el piloto tecnológico del D.RUT.....	31
Figura 12. Monitoreo al desarrollo del fruto.	31
Figura 13. Ubicación parcela piloto en el C.I. Palmira – AGROSAVIA.	32
Figura 14. Evaluación de conductancia estomática con porometría.....	33
Figura 15. Ubicación parcela piloto “El Junco”.	34
Figura 16. Esquema de la evaluación a campo del avance y receso del agua en las parcelas del piloto tecnológico. (Fuente: Bourdin et al., 2015).	35



Tabla de cuadros

Cuadro 1. Extensión de los distritos de riego en Colombia. (Fuente: IGAC, 2017).....	19
Cuadro 2. Métodos de riego en el D. RUT. (Fuente: ASORUT, 2022).....	21
Cuadro 3. Cultivos principales: superficies y consumo de agua actual por cultivo. (Fuente: Informe sobre Riego Uruguay, 2018.).....	23
Cuadro 4. Línea base de los indicadores 1, 2 y 3 en las parcelas antes del establecimiento de los pilotos.....	38
Cuadro 5. Línea base de la infraestructura en los países participantes del proyecto.	39
Cuadro 6. Volumen de agua aplicado (m ³ /ha) en cultivos asesorados con la plataforma PLAS en Chile.....	40
Cuadro 7. Rendimiento (kg/ha) en cultivos asesorados con la plataforma PLAS en Chile.	42
Cuadro 8. Productividad del agua (kg/m ³) en cultivos asesorados con la plataforma PLAS en Chile.....	44



Resumen

En el marco de la iniciativa **“Nuevas tecnologías para el aumento de la eficiencia en la agricultura ALC-2030”**, el presente informe detalla indicadores de impacto del proyecto. Para esto, se evalúa el uso del agua, la productividad de los cultivos y las actividades de capacitación. Los resultados revelan variaciones significativas en la eficiencia en el uso del agua por hectárea después de la implementación del proyecto, señalando aspectos donde la gestión hídrica puede ser optimizada. Se destaca la relación entre el uso eficiente del agua y la productividad agrícola, mostrando cómo las prácticas mejoradas de riego influyen en el rendimiento de los cultivos. El análisis detallado de la productividad del agua proporciona información importante para evaluar la eficiencia en su uso, identificando tanto prácticas sostenibles como áreas que requieren mejoras en la gestión hídrica.

Los hallazgos subrayan la importancia de adaptar estrategias de riego específicas para mejorar la eficiencia hídrica en la agricultura, considerando las necesidades únicas de cada cultivo y región. Las recomendaciones propuestas van desde, ajustes en las técnicas de riego hasta la implementación de tecnologías más avanzadas, siempre adaptadas a condiciones específicas de cada contexto agrícola. Este enfoque busca promover una gestión real, responsable y eficiente del agua en la agricultura, combinando educación, tecnología y adaptación local para garantizar su uso efectivo y operativo en la producción agrícola.

Palabras Clave: América Latina, Eficiencia uso de agua, agricultura, recurso agua.



Abstract

Within the framework of the initiative "New Technologies for Increased Efficiency in Agriculture ALC-2030," this report details project impact indicators. To achieve this, the use of water, crop productivity, and training activities are assessed. The results reveal significant variations in water use efficiency per hectare after project implementation, highlighting areas where water management can be optimized. The relationship between efficient water use and agricultural productivity is emphasized, demonstrating how improved irrigation practices influence crop yield. The detailed analysis of water productivity provides crucial information for evaluating its efficient use, identifying both sustainable practices and areas requiring improvements in water management.

The findings underscore the importance of adapting specific irrigation strategies to enhance water efficiency in agriculture, considering the unique needs of each crop and region. Proposed recommendations range from adjustments in irrigation techniques to the implementation of more advanced technologies, always tailored to the specific conditions of each agricultural context. This approach aims to promote real, responsible, and efficient water management in agriculture, combining education, technology, and local adaptation to ensure its effective and operational use in agricultural production.

Keywords: Latin America, water management, agriculture, water resource.

1. Introducción

La región de América Latina y El Caribe (ALC en adelante), se caracteriza por albergar casi un tercio de los recursos hídricos mundiales, sin embargo, en las últimas décadas, la región ha experimentado niveles de estrés hídrico superiores al 80% durante los meses de verano, impactando particularmente las zonas más densamente pobladas y con mayor actividad económica (Mekonnen et al., 2015). Además, la agricultura utiliza más de un tercio de la superficie total, consume prácticamente tres cuartos de los recursos de agua dulce y genera casi la mitad de las emisiones de gases de efecto invernadero de la región (Banco Mundial, 2020). Dependiendo del país, el sector agrícola primario aporta entre el 2% y el 17 % al PIB nacional y un promedio de 14 % de los empleos de la región (Morris *et al.*, 2020).

Además, ALC la mayor exportadora neta de alimentos del mundo y es uno de los principales proveedores del mercado mundial de productos básicos como el café de Colombia, la soja del Brasil, el trigo de Argentina, la carne vacuna de Uruguay, los plátanos de Ecuador, la tilapia de Honduras, el vino de Chile, las frutas de Haití, la quinua de Perú y las hortalizas de Guatemala. En este contexto económico, la superficie agrícola total de ha crecido fuertemente y hoy es de aproximadamente 760 millones de hectáreas, de las cuales 400 millones están dedicadas a la agricultura familiar y 360 millones a explotaciones agrícolas comerciales de gran escala.

Adicionalmente, el cambio climático global está imponiendo modificaciones ambientales que afectan de manera disímil el ciclo del agua y las demandas ambientales en las distintas regiones del continente. De acuerdo a la OMM (2021), la tendencia al calentamiento en América Latina y el Caribe continuó durante el 2021 con una tasa de aumento de las temperaturas de 0,2°C entre 1991 y 2021. Por su parte, los glaciares en Los Andes tropicales han perdido al menos un 30% de su superficie desde 1980 y presentan un balance de masas negativo lo cual corresponde a pérdida de masa de hielo, afectando la disponibilidad hídrica. En aquellos lugares de ALC con condiciones de balance hídrico negativo y condiciones de aridez, donde el monto de lluvias es inferior a la demanda ambiental y por tanto se genera un déficit hídrico, el aporte de riego (total o suplementario) a los cultivos es obligatorio si se desea obtener productividades comerciales. Se estima que en un 36% de la superficie total de la región se presenta algún grado de aridez (Verbist et al., 2010).

A pesar de estos antecedentes, el 43% de los países de la región reporta niveles bajos en la Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) (CEPAL 2021). Respecto de la GIRH, es definida como “Un proceso que promueve la gestión y el desarrollo coordinados del agua, el suelo y los otros recursos relacionados, con el fin de maximizar los resultados económicos y el bienestar social de forma equitativa sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas vitales.” (WWAP, D, 2015).

La gestión del agua en América Latina y el Caribe (ALC en adelante) es un tema crucial que ha sido



abordado por varios estudios y publicaciones. Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), la gestión del agua en la región enfrenta desafíos significativos, como la distribución desigual de las precipitaciones, la gestión demográfica y los impactos del cambio climático. La CEPAL también destaca la importancia de establecer líneas bases precisas para avanzar significativamente en la mejora de la gestión del agua en la región (Jouravlev et al., 2021). Además, la distribución de los recursos hídricos es desigual, con notables diferencias entre países y dentro de ellos. Hay áreas afectadas por cambios estacionales y vastas extensiones áridas y semiáridas, incluyendo el desierto de Atacama, el más árido del mundo. El cambio climático representa un desafío importante con sequías, inundaciones, huracanes y el aumento del nivel del mar que impactan la región. Por tanto, se considera crucial mejorar la disponibilidad y la eficiencia del uso del agua para el desarrollo sostenible en la región (FAO, 2018).


En la agricultura, la gestión eficiente del agua es un desafío crucial, especialmente en ALC. En la región, la agricultura es responsable del **70% de las extracciones de agua**, mientras que la industria del 20% y el consumo de la población del 10%, respectivamente (FAO, 2019a). Estas estadísticas muestran que la agricultura es el principal consumidor de agua y por tanto tiene alta responsabilidad sobre su correcto uso. El Objetivo 6.4 de Desarrollo Sostenible busca mejorar la **eficiencia del uso del agua** para el 2030 y asegurar un suministro sostenible para reducir la escasez. Se usa un indicador económico que se ha definido como el valor agregado con el tiempo por unidad de agua utilizada, expresado en USD/m³, para los sectores agrícola, industrial y de servicios. Este indicador muestra que América Latina y el Caribe tienen una eficiencia de uso del agua un poco menor que el promedio mundial (13 USD/m³), siendo la agricultura el sector menos eficiente económicamente y el mayor usuario de agua (FAO, 2018).

La eficiencia en el uso del agua representa un concepto operativo para evaluar la eficacia en el empleo de recursos, tal como se delineó previamente. Es una medida comúnmente empleada para analizar la conexión entre la producción vegetal y el uso de agua (Sinclair et al., 1984; Tang et al., 2014), y es calculada de la siguiente forma:

$$\text{Eficiencia del uso del agua} = \frac{\text{Variable productiva}}{\text{Variable consumo de agua}}$$

Utilizando esta métrica y tomando en cuenta el valor monetario de la agricultura en los países pilotos del proyecto en relación al agua utilizada, la eficiencia del uso del agua es el siguiente: Argentina 0,2 USD/m³, Chile 0,2 USD/m³, Colombia 0,6 USD/m³, Uruguay 0,2 USD/m³, mientras que el promedio para ALC es de 0,48 USD/m³. Cabe destacar que esta eficiencia está ligada a un **porcentaje de agua usada por la agricultura** en cada país, la cual corresponde a un 74% en Argentina, un 83% en Chile, un 54% en Colombia, un 87% en Uruguay, mientras que en promedio en ALC alcanza un 71,5% (FAO, 2018). Es decir, la eficiencia del uso de agua puede calcularse con distintas variables productivas y del uso de agua.

De esta forma, entender cómo el agua se relaciona con la producción en los agroecosistemas es crucial para afrontar múltiples retos agrícolas del siglo XXI: proporcionar alimentos, energía y materiales a una población en crecimiento, minimizar los impactos ambientales de la agricultura



y adaptar los sistemas alimentarios al cambio climático. La agricultura es la actividad humana que más agua demanda a nivel mundial, por eso mejorar la eficiencia en su uso, logrando producir más con menos agua, ha sido un objetivo fundamental en la gestión, la ingeniería y la mejora agrícola a largo plazo (Hoover et al., 2023).

En el marco de la iniciativa “***Nuevas tecnologías para el aumento de la eficiencia en la agricultura ALC-2030***”, este informe técnico se centra en la evaluación de indicadores objetivamente verificables diseñados para medir la eficiencia en el uso del agua en sitios piloto específicos en cada país participante del proyecto.



2. Uso del agua en la agricultura de las zonas piloto.

Provincia de Río Negro, Argentina.


En Argentina la superficie cultivada asciende a 39 mill ha, de las cuales 2,1 mill ha (5 %) se encuentran bajo riego (FAO, 2015). Así mismo, del territorio continental un 70% presenta condiciones áridas o semiáridas, donde las precipitaciones se sitúan entre 100 y 500 mm año⁻¹ y demanda ambiental cercana 2000 mm/año. En estas zonas, los recursos hídricos superficiales representan el 18 % de los recursos superficiales totales del país.

La provincia de Río Negro se encuentra entre los paralelos de 37° 35' y 42° 00' latitud sur y los meridianos de 62° 47' y 71° 55' longitud oeste, presenta en gran parte de su territorio un marcado déficit hídrico anual definido por una evapotranspiración potencial anual alta y una precipitación anual variable, alrededor del 70% de la superficie recibe menos de 300 mm, mientras que una faja central recibe menos de 150 mm. El mayor déficit hídrico mensual se produce en el período estival (enero y febrero). Estas condiciones climáticas solo permiten la agricultura bajo riego con especies de crecimiento principalmente primavero-estival, pudiéndose adaptar también especies otoño-invernales dependiendo del manejo. (Godagnone et al., 2009).

El Alto Valle de Río Negro y Neuquén presenta una situación ambiental compleja relacionada principalmente al cambio de usos del suelo. El desarrollo inmobiliario y la expansión de la actividad hidrocarburífera avanzan sobre las zonas productivas de regadío reemplazando tierras agrícolas y acarreando problemáticas ambientales como el vertido de residuos sólidos urbanos, aguas residuales y potencialmente el vertido de hidrocarburos y otros residuos a los sistemas de riego, con el riesgo de contaminación de suelos, cursos hídricos y amenazas para la salud humana. El avance de la urbanización produce además un aumento de la impermeabilización del suelo y complica la operatividad del sistema de drenajes (FAO, 2015). Además, existe una disminución en la disponibilidad de recursos hídricos en algunas zonas de Río Negro por competencia con otros sectores económicos. Para una buena gestión del agua se necesita disponer del recurso en tiempo y forma y, muchas veces, la priorización de uso en función de necesidades energéticas del país hace que en momentos claves para el riego el río no tenga el caudal que implica el nivel necesario para garantizar la distribución del agua de acuerdo a los proyectos de riego de los distintos distritos.

Desde el punto de vista hidrogeológico el valle posee un acuífero freático libre, cuyo espesor varía entre los 4 y los 12 metros. El techo del mismo se encuentra a una profundidad de entre 1 y 4 metros por debajo del terreno y el hidroapoyo entre los 9 y los 20 metros de profundidad. Este acuífero es de escasa producción y se utiliza para riego a presión, industrial y doméstico y se caracteriza por presentar en algunas áreas, una relación efluente – influente con los cursos superficiales de agua que depende de los caudales de los ríos en algunos casos y de las pérdidas de conducción y distribución del sistema de riego en otros (Polla et al., 2013; Rossi, 2013).

Los ríos son los auténticos motores del desarrollo regional con caudales módulo de 650 m³.s⁻¹



en el Limay, 280 m³.s⁻¹ en el Neuquén y 930 m³.s⁻¹ en el río Negro, de acuerdo a la información encontrada en el sitio web de la AIC (<http://www.aic.gov.ar/sitio/lacuena>). Los ríos de la cuenca presentan aguas con baja salinidad (0,17 a 0,30 dS.m⁻¹) lo que las hace de excelente calidad para riego y sin limitaciones para la producción agropecuaria (Quichán et al., 2015; CIL 1991).

El uso del agua para riego fue fundamental en el proceso de transformación del espacio natural al territorio agrícola de regadío que conforma el perfil socio productivo de la zona (Fernández Muñoz, 2003). Según Svampa (2016), la puesta en funcionamiento del sistema de riego fue uno de los procesos históricos dados en la primera etapa de la consolidación del perfil agrario, al que se sumaron el re-asentamiento poblacional y la construcción de una infraestructura de transporte ferroviario desarrollada por los ingleses.

La principal fuente de agua para riego son los cursos superficiales de agua. El método de riego más ampliamente utilizado es el gravitacional, con eficiencias globales medias que pueden alcanzar valores tan bajos como el 30%. Los problemas de diseño, mantenimiento, distribución y operación de los sistemas de riego y drenaje y de la aplicación predial de agua de riego, recargan el acuífero y dan lugar a una freática estacional poco profunda (Álvarez et al., 1995). Ya en la década de 1980 se evidenciaban signos de deterioro del suelo en las áreas regadas como consecuencia de la salinización provocada por la elevación del nivel freático (CIL-AyEE, 1988; Ayers y Westcot, 1987).

En menor proporción, se utilizan riegos localizados, aunque muchas veces los mismos son alimentados de los canales y acequias que conforman el sistema de riego gravitacional, ya que el contenido de sales del agua resulta menor que en las perforaciones.


Provincia de San Juan, Argentina.

La provincia de San Juan está situada en el centro oeste de Argentina, en la histórica Región de Cuyo. Limita al Norte y Este con la Provincia de La Rioja, al Sureste con la de San Luis, al Sur con Mendoza y al Oeste con la República de Chile, cuyo límite está determinado por la divisoria de agua de la cordillera de los Andes.

Su territorio posee 89.651 km² donde prima, de Oeste a Este, un relieve montañoso intercalado por valles y a continuación llanuras y serranías. El clima de sus valles y llanuras es predominantemente templado y de extrema aridez, con limitados recursos hídricos superficiales y una pluviometría media de unos 100 mm anuales.

Ha sido en estos valles intermontanos y en algunas de sus llanuras, donde se desarrollaron oasis de regadío, a partir primero de la derivación de aguas superficiales, luego complementadas con el aprovechamiento de acuíferos. En dichos espacios se concentra la mayoría de los 680.427 habitantes de la provincia, según el Censo Nacional 2010 (Gonzalez Aubone et al., 2020).

El más importante de todos, por su disponibilidad de suelos y agua, es el Valle de Tulum, que tiene una superficie aproximada de 1.625 km². Este valle forma una unidad económica con los valles



de Ullum y Zonda, los que conjuntamente riegan con aguas provenientes de la cuenca del río San Juan. El segundo valle en importancia lo constituye Jáchal, localizado al norte de San Juan, en la precordillera de Los Andes, bordeado por cordones montañosos, y a 1.200 m sobre el nivel del mar. Sus tierras aptas para la agricultura se riegan con aguas del río Jáchal. Al oeste, los valles de Calingasta (1.550 msnm) e Iglesia al norte (1.680 msnm), son semejantes por su relieve, encajonados entre la Cordillera de Los Andes y la precordillera. Al este de la provincia y limítrofe con La Rioja se encuentra Valle Fértil, con una cuenca hídrica de escaso volumen que limita su sistema de riego, lo cual es atenuado levemente por un régimen de precipitaciones promedio de 350 mm/año. Al norte del valle de Tulum y al oeste del Valle Fértil, separado por las sierras del Pie de Palo y Pampeanas, se encuentra el amplio Valle del río Bermejo, con una extensión de 6.360 km². Cumple una función ambiental importante, pero carece de suficiente agua permanente para tener significación agrícola (Miranda et al., 2011).

El Valle de Tulum forma el área de riego y socioeconómica más importante de la provincia. Ese oasis, de 187.196 ha, representa el 2.1% de la superficie provincial, y el 71% de sus áreas de regadío. Se corresponde con la Cuenca Media del Río San Juan, que se abastece principalmente con aguas de origen nival en la alta cordillera de Los Andes. Sus caudales se encuentran regulados por un sistema de grandes embalses multipropósito en cadena.

La demanda de riego agregada es variable en el año, siendo máxima en los meses de diciembre/enero (verano) y mínima en la época invernal. Para su distribución, el agua derivada se canaliza por el canal General Matriz hasta el partidor San Emiliano, desde donde nace la red de riego para el valle de Tulum, en tres canales matrices; del Norte o Quiroga, del Centro o Ciudad y del Sur o Céspedes. A partir de éstos se ramifica el sistema en canales secundarios y terciarios, alcanzando los doce municipios del valle del Tulum. Como complemento del agua derivada en cabecera, la red de riego del valle se refuerza con el aporte de aguas provenientes de los acuíferos a través de bombes públicos a dicha red y privados a nivel de finca.

Provincia de Mendoza, Argentina.

En la provincia de Mendoza, las precipitaciones son limitadas y la principal fuente de agua proviene de la nieve. Esta fuente es estacional, siendo más abundante durante el invierno y su disponibilidad variable, siendo más alta en el verano debido al deshielo. Para gestionar esta variabilidad, se han erigido embalses que desempeñan un papel crucial almacenando el agua proveniente de la nieve para su posterior uso, tanto en riego agrícola como en abastecimiento de agua potable. El transporte del agua para riego se realiza a través de una red de acequias y canales que distribuyen el recurso a sus destinos finales según las necesidades respectivas. En Mendoza, los usos prioritarios del agua según orden son: consumo humano, agrícola, fuerza motriz, industrial y finalmente uso recreativo. Los ríos principales de la red hidrográfica de Mendoza son siete: Mendoza, Tunuyán, Diamante, Atuel, Malargüe y Barranca, Grande y Colorado. El 35% del agua proviene de fuentes subterráneas, y el principal sector que utiliza el agua es la agricultura.



La provincia cuenta con 7 embalses (Potrerillos, El Carrizal, Agua del Toro, los Reunos, El Tigre, EL Nihuil y Valle Grande) (Secretaría de Ambiente y Ordenamiento Territorial, 2021).

El manejo del agua para riego se lleva a cabo mediante un sistema de turnos rotativos llamado "riego por acequias", donde los agricultores reciben agua de acuerdo con un cronograma establecido por las autoridades locales. Este cronograma se basa en un sistema de turnos para asegurar que todos los usuarios tengan acceso equitativo al agua de riego. Los turnos pueden variar según la disponibilidad estacional del agua y las necesidades de los cultivos.

En cuanto a la regulación y normativa sobre la propiedad del agua, el Departamento General de Irrigación (DGI) es la entidad responsable de la gestión del agua en Mendoza. Su rol abarca la administración de aguas públicas destinadas tanto al consumo humano como a los fines productivos en toda la provincia. Además del DGI, existen múltiples organismos a nivel nacional, regional y provincial que participan directa o indirectamente en labores de investigación, operación de infraestructuras hidráulicas y evaluación de impactos ambientales relacionados con el recurso hídrico en la provincia.


Región de Coquimbo, Chile.

En Chile, la gestión de recursos hídricos ha sido un tema relevante en el último tiempo debido a la escasez del recurso y su creciente y constante demanda. En la actualidad, contamos con instituciones encargadas de la gestión hídrica, las que se han ido fortaleciendo a través de los años con la promulgación de leyes y formación de organismos fiscalizadores encargados de controlar esta gestión.

Algunas instituciones involucradas son el ministerio de obras públicas, la dirección general de aguas, la comisión nacional de riego y las juntas de vigilancia asociadas a las cuencas de cada río. Todas estas instituciones fomentan el uso eficiente del agua y promueven la conservación del recurso.

La infraestructura para la distribución de agua de riego en la región, depende principalmente del origen de abastecimiento del recurso hídrico. En este sentido, en la región de Coquimbo existen dos fuentes; agua superficial y agua subterránea. La definición de estas dos fuentes está normada por el código de aguas, el cual define a las aguas superficiales como aquellas que se encuentran naturalmente a la vista y pueden ser corrientes o detenidas (*v.g.* ríos, esteros, quebradas, lagos) y a las subterráneas como aquellas que están ocultas en el seno de la tierra y no han sido alumbradas (Código de Aguas, República de Chile 1981).

Las aguas superficiales circulan en dos tipos de cauces, el cauce natural y el cauce artificial. La primera corresponde al suelo que una corriente de uso público ocupa y desocupa alternadamente en crecidas o disminuciones periódicas. La segunda corresponde a obras hechas por el hombre como canales o cauces artificiales. Obras de captación, conducción, distribución y descarga forman parte de ellos.



Los dueños de derechos de aprovechamiento sobre aguas superficiales que transitan en cauces naturales se organizan en juntas de vigilancia (v.g. Junta de Vigilancia del Río Elqui y sus Afluentes). Aquellos que compartan derechos de un mismo canal, embalse, o acuífero se pueden constituir en comunidades de aguas y distribuir el recurso de manera compartida (v.g. Comunidad de Aguas del Canal Romeral, Río Limarí). Finalmente, las asociaciones de canalistas tienen un rol idéntico a las comunidades de aguas, sus titulares pueden ser comunidades de aguas y su constitución tiene por objetivo organizar y distribuir las aguas de manera colaborativa, como el uso de un canal matriz desde un embalse (v.g. Asociación de Canalistas del Embalse Recoleta).

La información recopilada proviene de fuente primaria y fuentes secundarias. La información de fuente primaria corresponde a levantamientos realizados por el Laboratorio de Prospección, Monitoreo y Modelación de Recursos Agrícolas y Naturales (PROMMRA) de la Universidad de La Serena en el marco de proyectos de Fondo de Innovación para la Competitividad (FIC) del Gobierno Regional de Coquimbo y a Programa de Difusión Tecnológica (PDT) de CORFO. Las fuentes secundarias son públicas y privadas. Las públicas son Comisión Nacional de Riego (CNR) y Dirección General de Aguas (DGA); las Privadas, Asociación de Canalistas del Embalse Recoleta (ACER) y Junta de Vigilancia del Río Choapa y sus Afluentes (JVRCH).

Los canales o acueductos de distribución de agua están a cargo de la comunidad de aguas, asociación de canalistas o el propietario único a cargo. Estas obras tienen por objetivo trasladar el recurso hídrico desde el cauce natural al predio (en el caso de los propietarios agrícolas, también hay usuarios de agua potable o minería). Hay que distinguir dos segmentos dentro de un canal de dos o más usuarios, la sección matriz y la sección comunitaria. La primera, es aquella sección inicial antes de la primera entrega, por ella transita la totalidad de los derechos del canal en cuestión; por otro lado, la segunda está destinada a distribuir el recurso a cada uno de los usuarios en puntos acordados en común de entrega de agua.

Los principales métodos de riego en Chile, en orden de importancia, son: microriego (moteo y microaspersión), tradicional (surcos, tendido) y aspersión (pivote central, aspersión móvil) (CENSO Agropecuario, 2021), como se puede observar en la Figura 1.

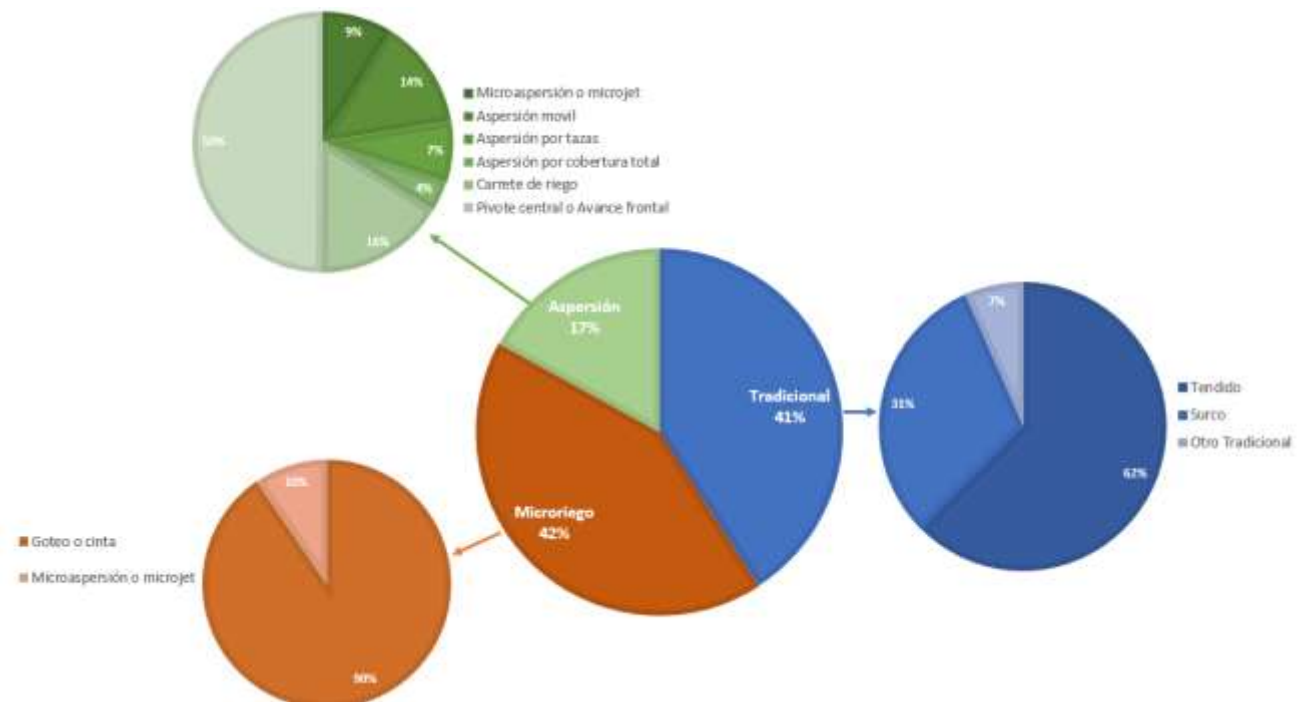



Figura 1. Porcentajes de métodos de riego en Chile según el Censo Agropecuario 2021. Cada círculo de colores presenta el desglose de cada método de riego.

Finalmente, para Chile una de las principales brechas tecnológicas en la gestión del recurso hídrico se asocia al poco monitoreo en tiempo real de las cuencas, la falta de tecnología en temas de reutilización de aguas mediante tratamientos y la falta de herramientas y conocimiento para la gestión de datos. Sin embargo, en el último tiempo se han impulsado numerosas iniciativas para abarcar estas brechas con conocimiento científico e innovaciones para generar la información necesaria y rigurosa que ayudará a la toma de decisiones informadas. Con el objeto de lograr un uso más eficiente del recurso para protegerlo y garantizar su disponibilidad.

Valle del Cauca y Distrito RUT, Colombia.

En Colombia la disponibilidad de agua verde (DAV) es de 1.008.965,7 Mm³*año⁻¹. Esto es el 31% del volumen total de la precipitación nacional, que es del orden de los 3.293.750 Mm³*año⁻¹. La mayor DAV se reporta para el área hidrográfica Orinoco, mientras que la menor DAV se encuentra en el área del Pacífico (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2019).

El Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2020) indica que, a pesar de la DAV y las políticas sectoriales para el recurso hídrico, una de las razones de la baja productividad del sector agropecuario en Colombia es la debilidad en la provisión de equipamientos y servicios sectoriales, incluyendo la adecuación de tierras, entendida como servicio público integrado por los



componentes de riego, drenaje y protección contra inundaciones, prestado mediante obras y equipos especializados (Departamento Nacional de Planeación - DNP, 2019).

En Colombia la cobertura de riego solo representa el 6,68% de 18,4 millones de hectáreas para la infraestructura de adecuación de tierras. Esto se debe en parte, a que la inversión pública sectorial se ha concentrado en el fortalecimiento institucional y apoyos directos, en detrimento de la provisión de bienes y servicios públicos sectoriales (Departamento Nacional de Planeación – DNP, 2019). Para 2038, se espera cubrir el 10% con 744 mil hectáreas adicionales irrigadas (Agronet, 2020). Según los resultados del Censo Nacional Agropecuario de 2014, únicamente el 33,3% de las Unidades de Producción Agropecuaria (UPA) del país que tienen cultivos utilizan algún tipo de riego para el desarrollo de sus actividades agropecuarias. Una gran parte de la baja accesibilidad a estas tecnologías surge de que un alto porcentaje de la pequeña agricultura se hace en regiones montañosas con topografía de pendientes pronunciadas, que dificultan la mecanización, el acceso al agua y la implementación de sistemas de riego; dificultando aún más el agrupamiento de áreas irrigables (Departamento Nacional de Planeación – DNP, 2019).

En el 2020 el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) adoptó el Plan Nacional de Riego y Drenaje para la Economía Campesina, Familiar y Comunitaria, el cual articulado con el Plan Nacional de Riego (PNR), busca mejorar la productividad agropecuaria mediante la planificación priorizada de la inversión en riego tecnificado, específicamente a través de las estrategias de ampliación de cobertura, rehabilitación y entrega de distritos de riego. La estrategia de beneficiar a los agricultores campesinos y familiares mediante soluciones tecnológicas apropiadas de riego busca ser un instrumento para la prevención y reducción de eventos climáticos que afecten su productividad, así como: i) promover un uso eficiente del agua para fines productivos agropecuarios; ii) generar y consolidar apuestas productivas competitivas; iii) promover el ordenamiento productivo y social de la propiedad rural en las economías campesina familiar y comunitaria y iv) articular con los instrumentos de ordenamiento territorial y ambiental.

El Instituto geográfico Agustín Codazzi (2017) indica que en la actualidad el país cuenta con 18 “grandes” infraestructuras de riego y drenaje que influyen directamente a 11 departamentos, con una extensión total de 248.220ha y usuarios 35.240 (**Cuadro 1**). Menciona el instituto geográfico que para 16 de estas infraestructuras aún se desconocen: la capacidad productiva de sus suelos, el cultivo más apropiado y rentable que deberían implementar y los posibles impactos ambientales.

De acuerdo con el Instituto geográfico Agustín Codazzi (2017), en los distritos en Colombia, la actividad agropecuaria se ha realizado de una manera improvisada. La mayoría de esta infraestructura no cuenta con estudios semidetallados de suelos, tampoco con información técnica o científica para establecer la vocación y la capacidad de las tierras. Algunos distritos cuentan con proyectos productivos, pero con poca supervisión productiva (Departamento Nacional de Planeación – DNP, 2016). Aunque diferentes estudios muestran la relación positiva que hay entre la productividad, el riego y los servicios complementarios, caso asistencia técnica, comercialización, transporte, entre otros (Departamento Nacional de Planeación – DNP, 2014),

en muchos de los distritos no operan dichos servicios (Departamento Nacional de Planeación – DNP, 2018).

Cuadro 1. Extensión de los distritos de riego en Colombia. (Fuente: IGAC, 2017).

Distrito Riego	Departamento	Extensión (ha)	# Usuarios	Fuente hídrica	Cultivos
Mocarí	Córdoba	43.818	5.026	Río Sinú	Arroz, algodón, maíz, sorgo y pastos
Coello y Cucuana	Tolima	25.658	1.920	Ríos Coello y Cucuana	Arroz, algodón, sorgo, soya y pastos
Manatí	Atlántico	22.243	1.865	Canal del Dique	Yuca, sorgo, pancoger, maíz, papaya, cítricos, guayaba, patilla, tomate, ahuyama, mango y pastos
Fuquene-Cucunuba	Cundinamarca	20.337	4.300	Río Ubaté	Maíz, frijol, alverja, hortalizas y pastos
María La Baja	Bolívar	18.390	2.035	Arroyos Grande y Matuyá	Palma africana, arroz, plátano, maíz, frutales, caña y ají
Saldaña	Tolima	14.264	1.465	Río Saldaña	Arroz, frutales, algodón y sorgo
Aracataca	Magdalena	10.434	444	Ríos Aracataca y Fundación	Palma africana, banano, arroz, pancoger, cítricos, yuca, frutales, cacao y pastos
RUT	Valle del Cauca	10.245	1.934	Río Cauca	Caña de azúcar, maíz, sorgo, soya, guayaba, maracuyá, papaya, melón y hortalizas
RIBU	Valle del Cauca	10.000	300	Río Bugalagrande	Caña
Zulia	Norte de Santander	9.952	1.132	Río Zulia	Arroz, palma, cacao, plátano, yuca y pastos
Alto Chicamocha y Firavitoba	Boyacá	9.348	8.835	Ríos Tuta, Chulo y Chicamocha	Cebolla, repollo, papa, alverja, frijol, maíz, lechuga, brócoli, zanahoria, remolacha, espinaca, frutales y pastos
Río Recio	Tolima	9.345	419	Río Recio	Arroz, algodón, sorgo, soya, frutales y pastos
Lebrija	Santander	9.060	250	Río Lebrija	Palma de aceite, pastos, arroz, sorgo, maíz y yuca
Valle de Sinbunday	Putumayo	8.500	2.915	Drenaje	Pastos, frijol, maíz, manzana, papa, hortalizas, lulo, granadilla, mora, lulo y trucha
Tucurinca	Magdalena	8.304	352	Río Tucurinca	Palma africana, banano, arroz, frutales, pastos y pancoger
Sevilla	Magdalena	7.100	418	Río Sevilla	Banano, palma africana, frutales y pancoger
Río Frío	Magdalena	5.672	630	Río Frío	Banano, palma africana y pancoger
La Ramada	Cundinamarca	5.550	1.000	Río Bogotá	Pastos, papa y cebada

i. Valle del Cauca.

La principal fuente hídrica superficial en el Valle del Cauca es el río Cauca. Esta corriente y sus tributarios, en el departamento, presentan un régimen de caudal bimodal, con dos ciclos de distribución del agua superficial: el verano o caudales bajos entre los meses de enero - marzo y Julio - Septiembre; el invierno o caudales altos entre los meses de abril - junio y octubre - diciembre. El río Cauca cuenta con un aporte medio multianual de los ríos tributarios de por la margen derecha de $223,8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ y $97,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ por la margen izquierda.

De acuerdo con la Corporación Regional del Valle del Cauca - CVC (2017) en el departamento hay registradas 8,106 concesiones de agua para el recurso hídrico superficial. El caudal concesionado del agua superficial en las cuencas del Valle del Cauca asciende a $226 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, de los cuales el 64% equivalente a $145 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ corresponde al sector agrícola, seguido por el sector de doméstico con el 26% ($58 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$); el sector industrial tiene asignado el 6% ($14 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) y el sector agropecuario y otros usos 4% ($9 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$).

El Valle del Cauca es el mayor consumidor de agua subterránea en el sector agrícola con el 58% del total consumido por el sector en todo el país. De acuerdo con Corporación Regional del Valle del Cauca - CVC (2017) en el Valle del Cauca, en un área de 3.400 km^2 existen aproximadamente 1.300 pozos profundos en operación, de los cuales se extraen entre 400 y $600 \times 10^6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, que son utilizados para el riego de 90.000 hectáreas, sembradas en caña de azúcar, cultivos transitorios, pastos y frutales, el suministro de agua a unas 122 industrias que dependen exclusivamente del agua subterránea para sus procesos y el abastecimiento público de 106 comunidades localizadas en la zona plana. Las reservas totales de agua subterránea calculadas para el nivel superior del depósito aluvial en todo el valle geográfico del río Cauca hasta una profundidad de 150 m son del orden de 10.000 millones de m^3 . La recarga natural anual promedia que recibe este sistema acuífero es de 325 mm que equivale al 20% de la precipitación promedia anual de toda la cuenca de 1.550 mm, para un volumen anual de recarga de $3.500 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ (CVC, 2017). CVC indica que un aprovechamiento del nivel superior del acuífero hasta de $600 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{s}$ no afectará su sostenibilidad.

ii. Distrito de riego RUT.

El distrito de riego RUT – D. RUT (municipios Roldanillo - La Unión - Toro), se ubica al norte del departamento del Valle del Cauca y ocupa la zona plana, delimitada entre la cordillera Occidental y el río Cauca de los municipios Roldanillo, La Unión y Toro. La principal fuente hídrica del D. RUT es el río Cauca, más comparte el abastecimiento de la demanda hídrica agrícola, pecuaria y doméstica, con el acuífero del sector norte del departamento del Valle del Cauca. De acuerdo con Fedesarrollo (2019), la zona cuenta con una temperatura promedio de 24°C , fluctuando entre 17°C y 34°C , y con una altitud media de 967 msnm. La precipitación posee dos períodos secos y húmedos por año. La precipitación media anual es de aproximadamente 1.100 mm, la humedad relativa promedio es del 72% y la evaporación anual promedio se encuentra entre 1.500 y 1.700 mm. La zona es casi plana, con una ligera pendiente longitudinal ($0,13 \text{ m} \cdot \text{km}^{-1}$) en dirección Sur-

Norte. La sección transversal del área tiene una forma cóncava con una pendiente de $1,2 \text{ m} \cdot \text{km}^{-1}$ en la dirección del canal de drenaje principal.

Según cifras de ASORUT (2018), la zona RUT (municipios Roldanillo-LaUnión-Toro) es considerada como la despensa hortofrutícola de Colombia, contribuyendo con la producción del 50% de los alimentos de Valle del Cauca, el 12% de la producción frutícola nacional y el 42% del PIB del departamento. En el D.RUT habitan 1.353 familias, las cuales dependen exclusivamente de la actividad agrícola. Según cifras del ASORUT (2020) el distrito tiene un área de 10.200ha, de las cuales el 77% corresponden a caña, 19% a maíz; el área restante es ocupada por cultivos dispersos, siendo los frutales los más importante. Como es de esperar, la mayor asignación de agua del D. RUT en volumen la posee el cultivo de caña de azúcar. Este cultivo se encuentra dentro de los cuatro productos de mayor consumo de agua en el país, ocupando el tercer puesto de Huella Hídrica Azul (agua extraída de fuente superficial o subterránea) con un volumen de 975.72 Mhm³ según Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM (2014).

De acuerdo con Fedesarrollo para el 2019, el 89% del área total del D. RUT contaba con un método de riego, siendo el más implementado el riego por superficie, ya que se usaba en caña y maíz y algunos frutales. Al año 2022, el porcentaje de uso de riego ha aumentado 5 puntos porcentuales; sin embargo, el más usado es el riego por aspersión, ya que en gran parte del área de caña se usa este tipo de riego, así como en el área ocupada por maíz. En el Cuadro 2 se relaciona la distribución del tipo de riego por área de cobertura, reportada por ASORUT para el 2022.

Cuadro 2. Métodos de riego en el D. RUT. (Fuente: ASORUT, 2022).

Método riego	Área (ha)	Área (%)	No. Predios
Aspersión	4.931	48,1	1.095
Gravedad (surcos)	3.989	39	352
Goteo	580	5,7	291
Mateado	50,5	0,49	10
Pivote	54	0,52	1
Micro-aspersión	19,5	0,19	7
Sin riego	626	6	224
Totales	10.250	100	1.980

La permanencia y continua expansión del cultivo de la caña de azúcar en el D.RUT, responde, en gran medida, a las posibilidades de comercialización. Mientras que los frutales poseen una gran incertidumbre en la demanda, la caña de azúcar y el maíz, tienen una demanda estable, dado su uso industrial y la posibilidad de vender directamente a los ingenios. Entendido que el riego por superficie es más utilizado en el cultivo de caña y dada la gran cobertura de este cultivo y la baja eficiencia en el uso del agua, el nivel de tecnificación en fincas respecto del área es baja. Correspondiendo con el área, el cultivo de la caña de azúcar tiene la mayor demanda de agua en el D.RUT, la cual alcanza el 73% de los recursos utilizados en riego.

Arroyo del Tala, Uruguay.

La variabilidad climática y los fenómenos extremos afectan cada vez con mayor frecuencia. Esto ocasiona que los sistemas productivos que dependen de las condiciones climáticas se vean afectados en forma considerable. El ejemplo más impactante es la producción de soja y maíz, donde la mayor parte del área sembrada se realiza en secano; cuando los veranos son lluviosos se alcanzan mejores rendimientos como muestra la Figura 2 pero la alta variabilidad, en el caso del maíz y la baja producción en secano en el caso de la soja, hace que no todos los años las producciones sean rentables y sustentables en el largo plazo.

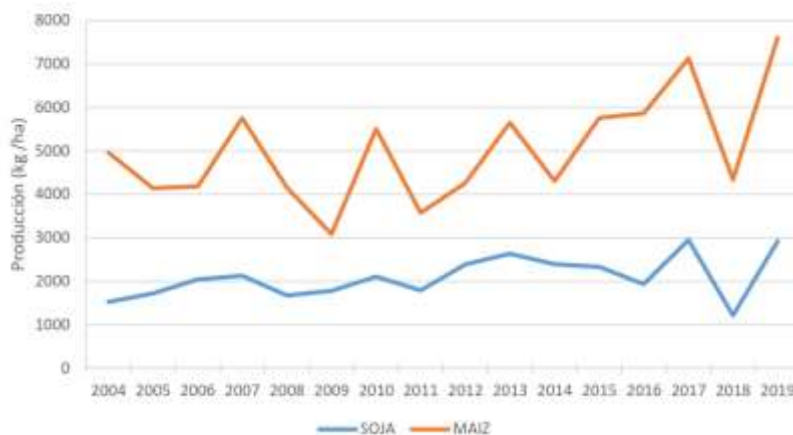


Figura 2. Evolución de la producción de maíz y soja en Uruguay. (Fuente: DIEA-MGAP, 2021.).

Sin embargo, cuando las lluvias en el período primavera-verano no son suficientes para satisfacer las demandas de los cultivos y pasturas, los rendimientos de cultivos se ven disminuidos, y hay un atraso importante en el desarrollo de las pasturas, en consecuencia, disminuye la ganancia en los kilos de carne en la producción ganadera, que es uno de los rubros principales de exportación en Uruguay.

Si bien Uruguay es un país de poca extensión y sin montañas, existen regiones que se afectan en forma diferente tanto cuando hay excesos como déficit de lluvias. En general los suelos en el país son de escasa profundidad en su gran mayoría, y además tienen baja capacidad de almacenaje de agua en el perfil de arraigamiento de las raíces.

En la región noroeste donde se desarrolla el presente proyecto ocurre con alta probabilidad déficit hídrico en algún período durante la primavera-verano. Si bien existen fuentes de reserva de agua para riego (represas y tajamares), el área bajo riego, a excepción del arroz y la caña de azúcar es todavía muy poco significativa.

Al ocurrir con alta frecuencia períodos de sequía durante el desarrollo del ciclo de los cultivos se debe suplementar con agua de riego para obtener producciones adecuadas económicamente y sustentables, en cantidad y calidad de manera de hacer rentable el mismo. En el caso del arroz y la caña de azúcar, si bien el 100% del área está bajo riego, hay una tendencia cada vez mayor al cuidado en el uso del agua (eficiencia de aplicación del riego), visualizando realizar un mejor

aprovechamiento del mismo, de manera de ahorrar agua y energía sin disminuir los rendimientos, de forma de tener la oportunidad de realizar riegos estratégicos en otros cultivos dentro de la misma empresa agropecuaria. En el caso de las pasturas es aún incierto el grado de impacto económico favorable que se pueda tener, ya que no hay experiencias de largo plazo en el país con resultados concluyentes al respecto, sin embargo, los sistemas agropecuarios están adoptando cada vez más esta tecnología, por lo que es importante que la investigación busque dar respuesta a estos sectores y evalúe el impacto que ello tiene a nivel fisiológico y productivo de las plantas, manejando diferentes técnicas (ensayos y simulación) para enfrentar tales escenarios probables.

La mayoría del riego se desarrolla a partir de represas o embalses y tomas directas de ríos y arroyos. En Uruguay existe poca disponibilidad de agua subterránea para sustento del riego, los pozos son en general de muy bajo caudal en su gran mayoría, además de no presentar adecuada calidad de agua por presencia de sales.

La eficiencia en el uso del agua varía de acuerdo al tipo de sistema de riego que se utilice. Si bien son pocos los estudios sobre eficiencia en el uso del agua a nivel de predio en el país, se estima que la eficiencia a nivel de parcela de riego está en el entorno del 45-50% para riego por superficie y entre los sistemas presurizados están en el entorno del 65-75%. Por supuesto hay situaciones puntuales donde las eficiencias por el manejo y tamaño del área regada son más importantes. En el **Cuadro 3** se presentan los principales cultivos de Uruguay y el consumo de agua por cultivo.

Cuadro 3. Cultivos principales: superficies y consumo de agua actual por cultivo. (Fuente: DIEA-MGAP, 2018.).

Cultivo	Área		Consumo de agua m ³ anuales/há Promedio	Sistema de riego
	2019-20 secano	riego		
Arroz		28000	15000	Inundación
Pasturas	280.000	3500	2500	Superficie
Cultivos intensivos (citrus, hortalizas)	14000	8500	5500	Gotero/microaspersión
Cultivos extensivos (maíz y soja)	200000	5500	1500	Superficie/pivot central
Caña de azúcar		7500	3500	surcos

Finalmente, la infraestructura de riego en la cuenca del Arroyo del Tala está basada en 2 represas grandes con capacidad de regar 900 has de arroz (17000 m³ha⁻¹ de asignación) y 500 has de cultivos (2000 m³ha⁻¹ asignados). En el caso del arroz es un riego continuo, prácticamente por inundación y en el caso de cultivos y pasturas son riegos suplementarios al agua de lluvia, por eso la asignación mucho más baja. Todo el sistema de distribución de agua es por gravedad, teniendo aproximadamente 70 km de canales primarios y más de 30 km de canales secundarios o de apoyo para la llegada a chacras o para el bombeo en los pivot central (9 en total). El riego de pasturas es por gravedad, no se utiliza energía, pero el área de canales secundarias es muy pequeña.

3. Materiales y métodos

Se presenta un resumen de la implementación de los pilotos. La descripción completa se encuentra en el producto 13.

3.1 Pilotos Argentina.

I. Piloto Junín, Mendoza.

El sitio piloto está ubicado en el departamento de Junín, Mendoza, Argentina ($33^{\circ}8'28,04''$ S; $68^{\circ}29'11,85''$ O) y corresponde a un cultivo de vides para vino, cv. Moscatel de más de 30 años de edad (Figura 3).



Figura 3. Piloto tecnológico de vides en Junín-Mendoza.

Se utilizó la Plataforma Satelital PLAS FONTAGRO para monitorear el nivel de desarrollo del cultivo a través del índice de vegetación NDVI. A partir de estos valores, se estimó el coeficiente de cultivo (Kcb) según las relaciones propuestas por Campos et al. (2010). Se realizó un seguimiento temporal del desarrollo del cultivo para el ciclo 2021-2022 utilizando imágenes satelitales disponibles en la plataforma (Figura 4).



Figura 4. Monitoreo de cultivo con valores de NDVI para el ciclo 2021-2022.

Para evaluar el desempeño del riego, se realizaron mediciones de eficiencia en el momento de los eventos de riego, considerando datos del cultivo, suelo y riego. Se utilizó el software de simulación WinSRFR (v 5.1.1) para obtener valores de eficiencia de aplicación, uniformidad de distribución y percolación profunda. La lámina de aplicación media de agua en cada evento de riego fue de 62 mm. El monitoreo meteorológico se realizó mediante una estación automática ubicada a 3 km de la parcela, perteneciente a la Dirección de Contingencias Climáticas Del Gobierno de la provincia de Mendoza.

II. Piloto San Juan

La parcela piloto se ubicó en el departamento Pocito, San Juan (Figura 5). Se compararon parcelas con manejo tradicional de riego (testigo) y otras con el marco conceptual de agricultura de precisión definido en el proyecto (control). El riego se aportó mediante un sistema de goteo, y se evaluó la uniformidad de distribución del agua de riego utilizando la metodología Merriam-Keller simplificada. Se midieron parámetros de calidad de frutos en la cosecha y se determinó el rendimiento por hectárea.



Figura 5. Ubicación piloto tecnológico en el departamento de Pocito, San Juan y cultivo de tomate industrial monitoreado.

El análisis de las necesidades de riego se realizó utilizando el coeficiente de cultivo y la demanda ambiental en la parcela. El monitoreo del desarrollo del cultivo se llevó a cabo mediante el índice de vegetación NDVI disponible en la plataforma PLAS.

III. Piloto Río Negro, Patagonia Norte.

El ensayo se ubicó en valles templados de norpatagonia, en la cuenca del Río Negro, en el Partido de Patagones, provincia de Buenos Aires (Figura 6). Se monitorearon los riegos aplicados sobre un lote con cultivo de maíz regado por pivote central. Se utilizó la plataforma PLAS FONTAGRO para obtener datos del NDVI y calcular el coeficiente de cultivo (Kc) con herramientas tecnológicas de Google Earth Engine. Se incorporaron índices de Humedad de Diferencia Normalizada y estrés hídrico (NMDI y MSI) para realizar un monitoreo espacial de la humedad del pivot en relación a las lluvias y riegos registrados.

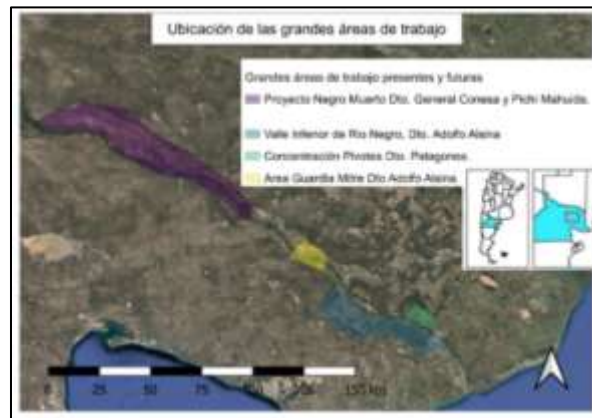


Figura 6. Ubicación de los valles de Negro Muerto, Guardia Mitre y zona de riego del partido de Patagones.

3.1 Pilotos Chile.

El piloto tecnológico de riego se implementó en la Parcela Experimental Pan de Azúcar (PEPA) de INIA Chile, ubicada en el Km 21 de la Ruta D-43 Coquimbo - Ovalle, sector de Cerrillos en la localidad de Pan de Azúcar, Coquimbo (Figura 7). La parcela de 7 ha se encuentra en Coquimbo. Se abastece de agua a través de canales superficiales abiertos (Canal Bellavista) y cuenta con un acumulador de 5.000 m³. El sistema de distribución de agua a los cultivos se realiza por medio de tuberías enterradas y sistemas de hidrantes controlados por electroválvulas. Se realizaron rotaciones de cultivos hortícolas y frutales estables. Se monitorearon diversos cultivos, como papas, lechugas, habas y porotos.



Figura 7. Ubicación parcela piloto Pan de Azúcar y vista general de los cultivos.

La parcela Pan de Azúcar, con una superficie cultivable de 7 hectáreas, realiza rotaciones de cultivos hortícolas y frutales estables. Se abastece de agua a través del Canal Bellavista, gestionado por la Junta de Vigilancia del Río Elqui, con 4 acciones. Cuenta con un acumulador de 5,000 m³ para asegurar el riego oportuno debido al régimen de turnado. El sistema de distribución de agua a los cultivos se realiza mediante tuberías enterradas, hidrantes controlados por electroválvulas y sistemas de riego localizado, comúnmente cintas con goteros. Se monitorean cultivos como papas, lechugas, habas y porotos ajustando el riego de manera precisa (Figura 8).



Figura 8. Infraestructura para el riego en parcela Pan de Azúcar.

Para evaluar el desarrollo de los cultivos, se utiliza el índice de vegetación NDVI a través de la plataforma satelital PLAS FONTAGRO con imágenes de los satélites Sentinel 2A y 2B. La disponibilidad hídrica en el suelo se monitorea mediante sondas de capacitancia enterradas y un sistema de control telemétrico online (DropControl).

El control telemétrico permite programar la apertura de válvulas y registrar automáticamente los aportes de riego. Se evalúa el desempeño del equipo de riego mediante el coeficiente de uniformidad (CU) y la precipitación efectiva, calculados a partir de registros de caudales de emisores seleccionados.

Para calcular la evapotranspiración del cultivo (ETc), se considera la demanda ambiental, utilizando el parámetro de evapotranspiración de referencia (ETo) estimado por una estación agrometeorológica automática (EMA) de la red de estaciones agrometeorológicas de INIA Chile (RAN) (Figura 9).

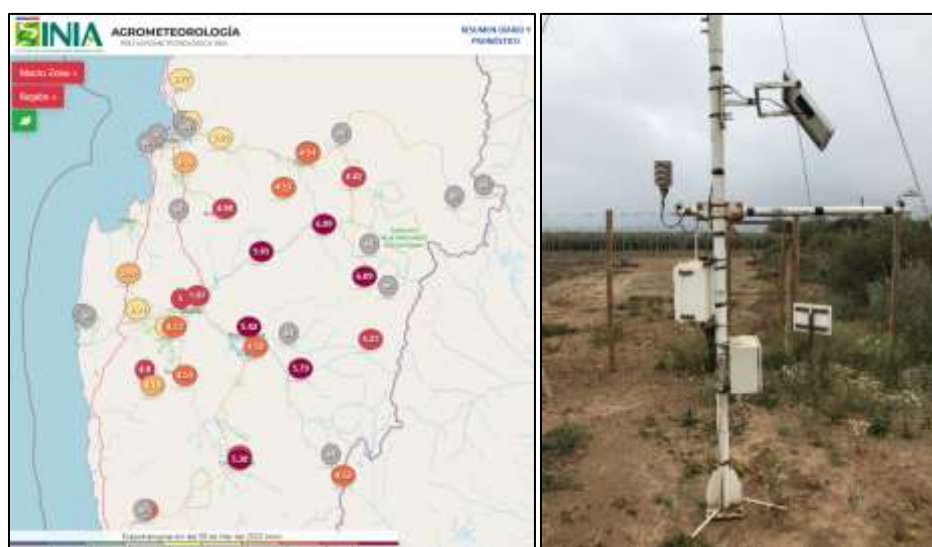


Figura 9. Red de estaciones meteorológicas automáticas (EMAs) en la región de Coquimbo y estación disponible en la parcela piloto.

3.3 Pilotos Colombia.

I. Piloto Distrito RUT

En el Distrito de Riego RUT, ubicado al norte del Valle del Cauca (Figura 10), se implementó un piloto tecnológico para 10 cultivos, como aguacate, cacao, caña de azúcar, guanábana, guayaba, lima ácida Tahití, maíz, maracuyá, papaya y vid. La red de monitoreo de humedad del suelo se estableció en junio de 2021, con nodos coordinadores, repetidores y sensores capacitivos instalados en fincas representativas.



Figura 10. Ubicación piloto distrito de riego RUT.

El programa de riego se definió en tiempo real con sensores de campo y series de humedad del suelo desde junio de 2021 hasta septiembre de 2022. Se establecieron umbrales para iniciar y finalizar el riego, basados en el descenso al 64% y el alcance al 80% de la capacidad de campo (CC). Se realiza un seguimiento diario para validar el consumo y dar la orden de riego.

Se utilizan estaciones meteorológicas automáticas para el monitoreo climático (Figura 11), y se realiza un seguimiento manual del desarrollo del fruto, midiendo dimensiones y duración del ciclo productivo para diversos cultivos (Figura 12). El rendimiento se cuantifica para cada huerto y la muestra incluye árboles frutales, vides, maíz y caña.

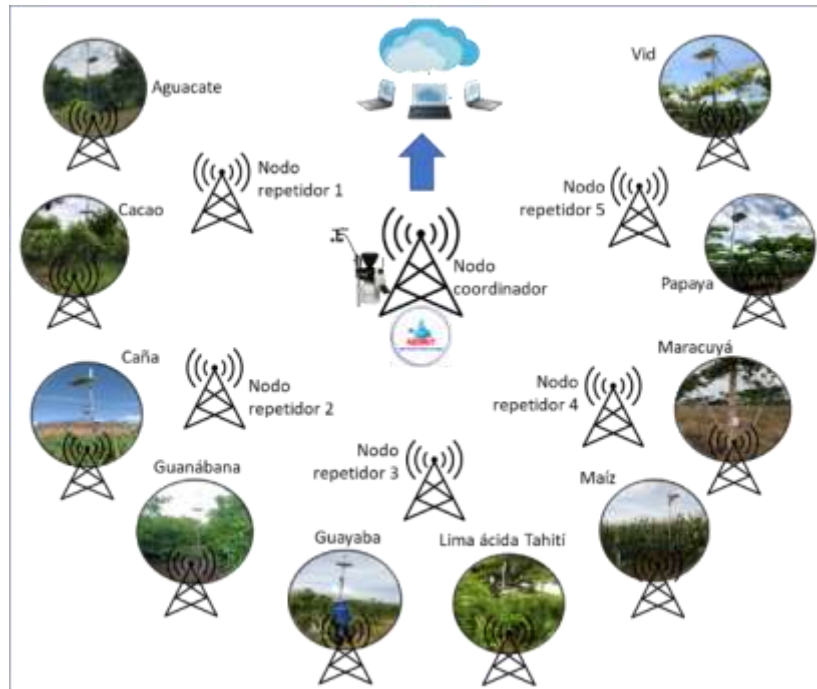


Figura 11. Esquema de red de estaciones de registro instalado en el piloto tecnológico del D.RUT.



Figura 12. Monitoreo al desarrollo del fruto.

II. Piloto Centro de Investigación Palmira, Agrosavia.

Este piloto se encuentra en el Centro de investigación de La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – Agrosavia (3.515784N, -76.310642W, altitud 1001 msnm), en la ciudad de Palmira, Valle del Cauca (Figura 13). El clima en la localidad es bosque seco tropical, de acuerdo al sistema de clasificación bioclimática Holdridge (Dorado, Grajales y Ríos-Rojas, 2015). La condición ambiental media reporta una temperatura de 24°C, precipitación anual 1.032 mm, humedad relativa de 72%, brillo solar de 5,8 horas*día⁻¹ y velocidad del viento 1,5 m*s⁻¹. En la Figura 13 se presenta la ubicación de la parcela piloto.



Figura 13. Ubicación parcela piloto en el C.I. Palmira – AGROSAVIA.

Se instalaron sensores de humedad tipo capacitancia (**Error! Reference source not found.**) y una estación meteorológica automática en la parcela experimental. La evaluación del cultivo incluyó un seguimiento del crecimiento del fruto mediante un sensor dendrómetro y mediciones manuales con un calibrador electrónico. Se evaluó la conductancia estomática con un porómetro, correlacionándolo con el déficit de presión de vapor. Además, se cuantificó el rendimiento por árbol, considerando el sistema de riego por goteo y las características del cultivo.

El seguimiento quincenal de la conductancia estomática (Figura 14) se realizó bajo el régimen hídrico tradicional del cultivo, definido durante la fase diagnóstica con base en la evapotranspiración de referencia (ET₀). El rendimiento por árbol se cuantificó semestralmente,

considerando la producción continua de la lima ácida Tahití a lo largo del año.



Figura 14. Evaluación de conductancia estomática con porometría.

3.4 Diseño Experimental de Pilotos establecidos en Uruguay.

El piloto tecnológico en riego se implementó en la Parcela Experimental “El Junco”, en Colonia Rubio, a 75 km aproximadamente de la ciudad de Salto (Figura 1515). La zona en general tiene un sistema ganadero fundamentalmente con algunas empresas que hacen cultivos extensivos regados y en las zonas bajas producción de arroz, existe en la región una pequeña cuenca de productores de leche.

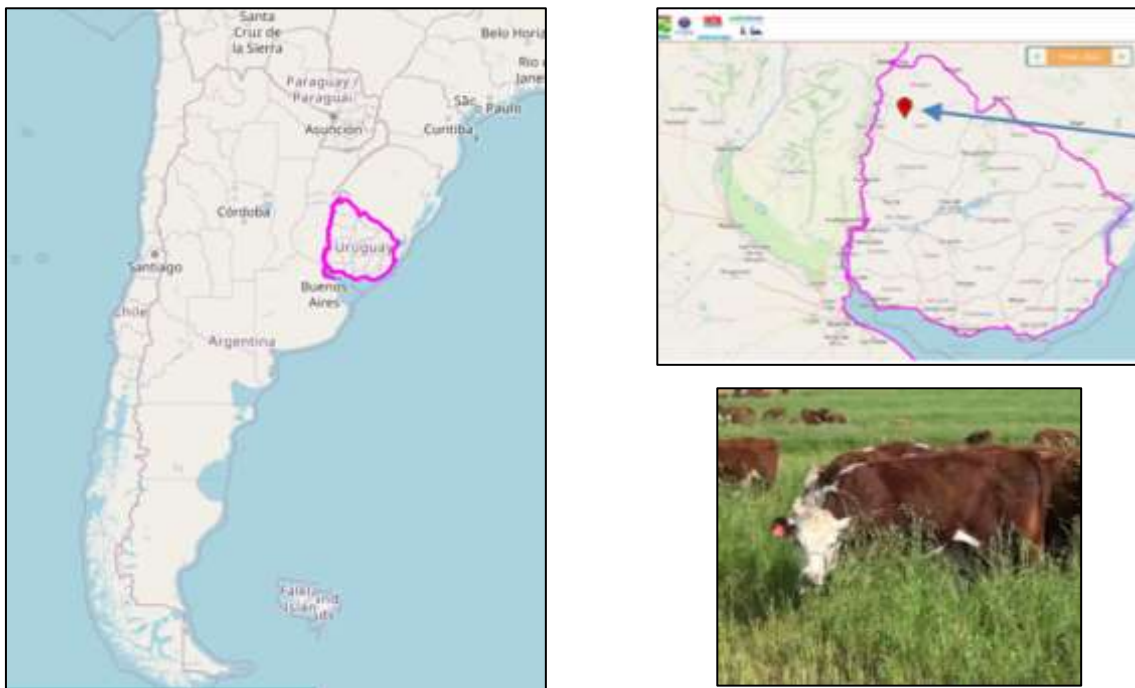


Figura 15. Ubicación parcela piloto “El Junco”.

El control del riego aplicado a las pasturas fue realizado a través de la evaluación de la eficiencia de aplicación y el coeficiente de distribución. Al ser riego por superficie a través de pivot central, que se realizó en las pasturas permanentes se trabajó con evaluaciones de avance y receso del agua en las parcelas en 2 o 3 riegos por temporada como se muestra en la Figura 1616.

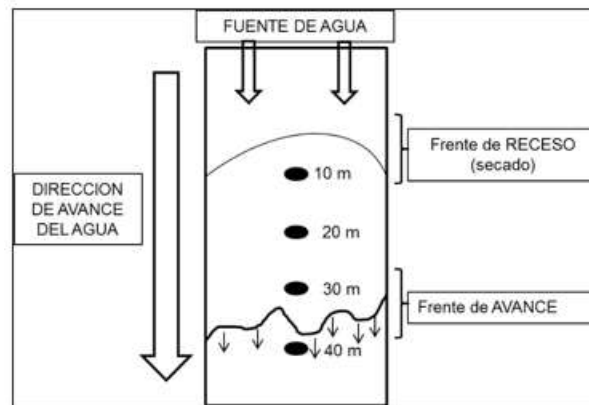


Figura 16. Esquema de la evaluación a campo del avance y receso del agua en las parcelas del piloto tecnológico. (Fuente: Bourdin et al., 2015).

Para la obtención de la eficiencia de aplicación, de la uniformidad de distribución, percolación profunda y el escurrimiento superficial del agua de riego, se utilizó el software de simulación WinSRFR v.4.13.

Para el monitoreo de la disponibilidad hídrica en el suelo (balance hídrico), se utilizaron sensores FDR (mod. 10HS) conectados a registradores (mod. 5mb Decagon).

Para el monitoreo de la demanda ambiental se utilizó una estación meteorológica automática (Davis Vantage Pro) instalada a 2 km de la parcela piloto tecnológico.

4. Descripción de los indicadores objetivamente verificables por el proyecto, metodología de medición y registro.

Los indicadores seleccionados para la evaluación y seguimiento del proyecto ofrecen una perspectiva detallada sobre el uso eficiente del agua en la agricultura dentro de las parcelas piloto establecidas en los países participantes. Cada uno de estos indicadores ha sido seleccionado para proporcionar una comprensión precisa de distintos aspectos relevantes para la gestión sostenible del recurso hídrico en la producción agrícola.

Indicador 1: Volumen de agua utilizado en cada parcela piloto.

Esta métrica indica el volumen de agua aplicado por hectárea ($m^3/ha/año$) durante el ciclo de cultivo antes y después de la implementación del proyecto. Con esta medición se evalúa la cantidad de agua utilizada en relación con la extensión de la tierra cultivada. Permite entender la eficiencia del uso del agua en las parcelas piloto y proporcionará información valiosa para la gestión hídrica.

Forma de medición del indicador 1.

Para la medición del volumen de agua aplicado, en cada parcela piloto, se mide el volumen de agua aplicado por ciclo de cultivo a través de caudalímetro y tiempo de aplicación de cada riego. Para estas mediciones, en cada parcela piloto, se toma en cuenta el tipo de sistema de riego utilizado y el porcentaje de eficiencia del sistema de riego. La utilización de un caudalímetro proporciona una medición precisa del volumen de agua, mientras que el tiempo de aplicación del riego determina la duración de la entrega de agua en un periodo específico. Esta combinación permite calcular el volumen exacto de agua aplicado por hectárea durante un ciclo de cultivo determinado. Mantener registros detallados de estas mediciones proporcionará datos para evaluar la eficiencia del uso del agua en las parcelas piloto y contribuye a la gestión hídrica al proporcionar información cuantitativa sobre la cantidad de agua utilizada en relación con la extensión de la tierra cultivada.

Indicador 2: Rendimiento.


Esta métrica representa la cantidad de producto obtenido por unidad de área de cultivo (kilos o unidades por hectáreas). Con esta información, es posible calcular la productividad de los cultivos en las parcelas piloto.

Forma de medición del indicador 2.

En el momento de la cosecha, se recolectan los cultivos y se registra con precisión la cantidad de producto obtenido en cada parcela piloto, utilizando métodos de pesaje. Los resultados se expresan en términos de kilos o unidades por hectárea.

Indicador 3: Productividad del agua.

Para estimar la productividad del agua ($kilos/m^3$), en todas las parcelas piloto establecidas en el proyecto, se calcula la cantidad total de agua utilizada en la parcela durante el ciclo de cultivo.



Esto puede obtenerse a través de la medición de la cantidad de agua aplicada mediante el sistema de riego tanto por sondas como por las recomendaciones de riego realizadas localmente con la metodología antes descrita.

La productividad del agua en kg/m³ se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$\textit{Productividad del agua} = \frac{\text{Rendimiento de cultivos (kg)}}{\text{Cantidad total de agua utilizada (m}^3\text{)}}$$

El cálculo de la productividad del agua a escala de parcela tiene como propósito la optimización del uso del recurso hídrico en la agricultura. Con esta información los agricultores y los expertos en gestión hídrica pueden evaluar la eficiencia del riego y la productividad del sistema agrícola en cuestión. Este indicador permite tomar decisiones basadas en evidencia sobre la gestión del agua, permitiendo a los agricultores ajustar sus prácticas de riego para maximizar la producción de cultivos. Además, esta evaluación ayuda a identificar áreas donde se puede implementar tecnología de riego más eficiente, prácticas de conservación del agua y estrategias de cultivo adaptadas al clima local, contribuyendo así a la sostenibilidad a largo plazo de la agricultura y a la seguridad alimentaria en un contexto de recursos hídricos limitados.

Forma de medición del indicador 3.

La medición del Indicador 3, la Productividad del Agua, se lleva a cabo en todas las parcelas piloto del proyecto. En base a la cantidad total de agua utilizada en la parcela durante el ciclo de cultivo, utilizando la metodología previamente descrita, y al rendimiento del cultivo.

Indicador 4: Nivel de adopción tecnológica en infraestructura de monitoreo para el riego.

Este indicador describe el grado en el que las tecnologías específicas que se implementan en el proyecto, como sensores de humedad, dataloggers, dendrómetros, caudalímetros y el uso de imágenes satelitales, están siendo utilizadas y adoptadas en los países y sitios de estudio (nivel predial y de cuenca). Es importante mencionar que este nivel de adopción puede variar desde un uso poco frecuente hasta un uso habitual o frecuente, dependiendo de la implementación y familiaridad que tengan los usuarios con dichas tecnologías.

Forma de medición del indicador 4.

La medición del Indicador 4 se basa en el criterio de cada investigador responsable de las parcelas piloto en los diferentes países. La evaluación se realiza considerando la experiencia y el conocimiento territorial de cada investigador, quien determina el grado de utilización y adopción de tecnologías específicas implementadas en el proyecto, como sensores de humedad, dataloggers, dendrómetros, caudalímetros y el uso de imágenes satelitales.

La evaluación subjetiva realizada por los investigadores aporta una perspectiva cualitativa sobre cómo las tecnologías de monitoreo para el riego están siendo integradas en el contexto agrícola de cada ubicación específica. Esta información es crucial para comprender la aceptación y la efectividad de estas herramientas en el campo, permitiendo ajustes y mejoras en la implementación de tecnologías para optimizar su utilidad y beneficios en la gestión del riego.

5. Línea base de los indicadores objetivamente verificables por el proyecto.

El Cuadro 4 proporciona la línea base de los indicadores 1, 2 y 3 en diversas regiones, provincias y distritos antes del establecimiento de las parcelas piloto. Se presenta información detallada sobre el volumen de agua utilizado por hectárea por año ($m^3/ha/año$), el rendimiento de los cultivos sin la implementación de proyectos piloto (kg/ha), y la productividad del agua (kg/m^3). Estos datos se repiten para distintos cultivos y regiones, proporcionando una instantánea integral de las condiciones iniciales, sin la aplicación de pilotos o tecnologías adicionales en cultivos como maíz, vid para vinificación, papas, lechuga, poroto verde, uva de mesa, aguacate, cacao, caña de azúcar, guanábana, guayaba, entre otros, en diversas zonas como Río Negro en Argentina, Mendoza en Argentina, Elqui en Chile, Distrito RUT en Colombia, y Arroyo del Tala en Uruguay. Estos valores servirán como referencia para evaluar el impacto de los proyectos piloto, permitiendo comparaciones significativas sobre la eficiencia del uso del agua y la productividad de los cultivos antes y después de la implementación de las medidas propuestas.

Cuadro 4. Línea base de los indicadores 1, 2 y 3 en las parcelas antes del establecimiento de los pilotos.

Región/Provincia/Distrito*	Cultivos	$m^3/ha/año$	Rendimiento sin piloto (kg/ha)	Productividad del agua (kg/m^3)
Río negro	Maíz	1.000	14.000	14
Mendoza	Vid para vinificación	9.300	32.300	3,5
Elqui	Papas	4.500	50.000	11,1
Elqui	Lechuga	1.250	35000 Unidades	28 unidades/m3
Elqui	Poroto Verde	2.500	18.000	7,2
Elqui	Uva de Mesa	8.500	24.000	2,8
Distrito RUT	Aguacate	1.317	30.400	23,1
Distrito RUT	Cacao	7.366	1.500	0,2
Distrito RUT	Caña de azúcar	49.772	127.440	2,6
Distrito RUT	Guanábana	720	175.000	243,1
Distrito RUT	Guayaba	1.103	85.140	77,2
Distrito RUT	Lima ácida ASORUT	2.348	22.400	9,5
Palmira	Lima ácida PALMIRA	220	13.500	61,4
Distrito RUT	Maíz	15.967	16.360	1
Distrito RUT	Maracuyá	97.881	30.000	0,3
Distrito RUT	Papaya	21.757	130.000	6
Distrito RUT	Vid	8.490	10.000	1,2
Arroyo del Tala	Pasturas permanentes	1.200	8.500	7

El Cuadro 5Error! Reference source not found. detalla la línea base de la infraestructura tecnológica utilizada en los países participantes del proyecto, destacando el nivel de adopción de



diversas tecnologías específicas relacionadas con el monitoreo y gestión del riego en la agricultura. Cabe destacar que la línea base de este indicador fue construido de acuerdo al conocimiento de la realidad local de cada área que corresponde a las parcelas pilotos implementadas por el proyecto.

En Argentina, en las regiones de San Juan, Mendoza y Río Negro, se observa que el uso de la mayoría de las tecnologías, como estaciones meteorológicas, sensores de humedad, dataloggers, dendrómetros, caudalímetros y el uso de imágenes satelitales, es poco frecuente o incluso inexistente en algunos casos.

En Chile, específicamente en la Provincia del Elqui, se evidencia un nivel más alto de adopción, donde existen redes de estaciones meteorológicas públicas y un uso habitual de múltiples tecnologías de monitoreo, como sensores de humedad, dataloggers, dendrómetros, caudalímetros y el uso de imágenes satelitales. En Colombia, en el Distrito de riego RUT y Agrosavia, se percibe que, aunque hay conocimiento sobre estas tecnologías, su uso efectivo es mínimo o nulo, indicando una brecha entre la familiarización y la aplicación práctica en el monitoreo del riego. Finalmente, en Uruguay, en Arroyo del Tala, se muestra un nivel de adopción más alto y habitual de las tecnologías de monitoreo, con un uso frecuente de estaciones meteorológicas, sensores de humedad y dataloggers, aunque se observa ausencia en el uso de dendrómetros, caudalímetros y el empleo de imágenes satelitales.

De esta manera, el Cuadro 5Cuadro 5Error! Reference source not found. destaca cómo la adopción de estas tecnologías varía significativamente entre las distintas regiones y países participantes, desde un uso poco frecuente o nulo hasta un uso habitual, evidenciando la diversidad en la implementación y familiaridad de estas herramientas en la gestión del riego agrícola.

Cuadro 5. Línea base de la infraestructura en los países participantes del proyecto.

País	Región/Provincia/ Distrito*	Estación meteorológica	Sensores de humedad	Datalogger	Dendrómetros	Caudalímetro	Uso de imágenes satelitales
Argentina	San Juan	Uso poco frecuente	Uso poco frecuente	Uso poco frecuente	Uso poco frecuente	Uso poco frecuente	Uso poco frecuente
Argentina	Mendoza						
Argentina	Río Negro	Uso poco frecuente	Uso habitual	Uso habitual	Sin uso	Sin uso	Sin uso
Chile	Provincia del Elqui	Red de estaciones públicas	habitual	habitual	Uso incipiente	Uso habitual	habitual
Colombia	Distrito de riego RUT	La mayor parte de los usuarios conoce la tecnología, pero no la usa	Sin uso	Sin uso	Sin uso	Sin uso	Sin uso
Colombia	Agrosavia	Uso frecuente	Sin uso	Sin uso	Sin uso	Sin uso	Sin uso
Uruguay	Arroyo del Tala	Uso frecuente	Uso habitual	Uso habitual	Sin uso	Sin uso	Sin uso

* Este cuadro fue elaborado a partir de opinión experta de los investigadores principales del proyecto en cada país.

*Región/distrito/provincia según corresponda a cada país.

Adicionalmente, en Chile, por medio del Instituto de Investigaciones Agropecuarias, a través del Dr. Claudio Balbontín y su equipo, se han realizado asesorías a distintos productores de frutales de la Región de Coquimbo. En el Cuadro 6 se detalla el volumen de agua aplicado en diferentes variedades de cultivos asesorados con la plataforma PLAS en Chile, indicando las necesidades modeladas y los volúmenes aplicados antes y después de las recomendaciones, así como la relación entre lo recomendado y lo aplicado. En este cuadro es posible observar cómo las necesidades modeladas de agua por hectárea difieren de los volúmenes aplicados tanto antes como después de las recomendaciones. Observamos tanto aumento como disminución en el volumen de agua aplicado después de las recomendaciones en ciertos cultivos o regiones.

Cuadro 6. Volumen de agua aplicado (m³/ha) en cultivos asesorados con la plataforma PLAS en Chile.

nº	Provincia	Variedad	Necesidades Modeladas M ³ /ha	m ³ /ha aplicados antes de la recomendación	m ³ /ha aplicados después de la recomendación	Relación recomendada vs aplicado
1	Limarí	Mandarinos Murcot	5.071	5.000	6.500	128%
2	Limarí	Mandarinos	5.500	5.500	9.500	173%
3	Limarí	Mandarinos, Murcott	6.800	12500	13.500	199%
4	Limarí	Uva Pisquera	7.071	7.600	7.500	106%
5	Limarí	Uva Pisquera, Pedro Jiménez, Rosa Pastilla	7.071	4.000	5.500	78%
6	Punitaqui	Uva Pisquera, Pedro Jiménez, Rosa Pastilla	6.414	3.500	3.500	55%
7	Ovalle	Mandarinos, Murcott	6.299	7.000	7.500	119%
8	Limarí	Cerezo Lapins	3.356	4.500	5.000	149%
9	Limarí	Uva Pedro Jiménez	6.867	6.153	6.153	90%
10	Limarí	Clementina Clemenvilla	5.709	5.500	5.600	98%
11	Limarí	Uva Pisquera	6.110	5.400	5.376	88%
12	Limarí	Mandarina, Murcott	4.925	4.600	4.600	93%
13	Limarí	Palta, hass	8.610	9.016	9.016	105%
14	Limarí	Uva Pisquera, Pedro Jiménez	6.385	6.000	6.500	102%
15	Limarí	Cítricos	8.021	6.000	6.451	80%
16	Limarí	Paltos con mulch plastico	8.902	5.760	12.820	144%
17	Limarí	Mandarinos, Orogrande	12.006	6.000	6.000	50%
18	Combarbala	Uva de mesa, Flame	11.106	7.000	7.000	63%
19	Combarbala	Clementina, Oro Grande 6 años	10.591	5.900	9.000	85%
20	Limarí	Mandarinos, Tango	8.488	12.400	11.700	138%
21	Limarí	Uva de mesa, Flame	9.668	10.000	10.000	103%
22	Monte Patria	Clementina, Orogrande	9.170	8.189	8.000	87%
23	Elqui	Cítricos	7.124	9.300	8.120	114%
24	Limarí	Cítricos	9.850	6.900	5.299	54%
25	Limarí	Nogales, Chander	11.545	6.000	10.000	87%
26	Elqui	Limonas, Eureka	7.500	5.960	6.060	81%
27	Elqui	Uva de mesa	10.749	7.000	7.000	65%

28	Elqui	Palto	12.753	12.600	12.000	94%
29	Elqui	Cítricos, Clemenule	5.493	5.500	8.000	146%
Continuación...						
30	Monte Patria	Clementina, Clemenules	10.205	5.100	11.000	108%
31	Limarí	Clementina, Oronule	6.787	7.910	6.000	88%
32	Monte Patria	Clementina, Oro Grande	9.678	10.000	9.600	99%
33	Limarí	Clementina Oro Grande	6.910	3.200	6.200	90%
34	Limarí	Clementina Oro Grande	8.220	8.500	8.600	105%
35	Limarí	Clementina Oronule	7.821	5.800	6.000	77%
36	Limarí	Clementina, Clemenules	9.418	4.700	9.400	100%
37	Monte Patria	Clementina, Clemenules	5.746	1.700	5.000	87%
38	Limarí	Pata Hass	7.057	7.000	7.000	99%
39	Limarí	Uva de mesa, Allison	12.249	11.000	10.000	82%
40	Limarí	Palta Hass	11.917	5.000	12.000	101%
41	Limarí	Mandarinas Murcot	4.577	4.000	4.000	87%
42	Limarí	Palta, Hass	12.651	3.700	7.000	55%
43	Limarí	Cítricos	12.667	12.000	10.000	79%
44	Limarí	Mandarinos, Murcott	8.472	8.000	8.000	94%
45	Limarí	Uva de mesa, Autom Royal	10.552	7.806	7.658	73%
46	Limarí	Palta, Hass	11.181	9.000	7.000	63%
47	Ovalle	Mandarinos	8.214	14.033	9.914	121%
48	Elqui	Uva de mesa	11.963	8.000	10.000	84%
49	Elqui	Uva de mesa, Twny	10.744	5.000	8.000	74%
50	Elqui	Uva de mesa	5.348	3.600	4.080	76%
51	Elqui	Uva de mesa, Red Globe	10.155	7.185	7.230	71%
52	Elqui	Uva Pisquera	8.513	7.392	9.848	116%
53	Elqui	Uva pisquera, Pedro Jiménez	6.127	9.000	8.000	131%
54	Elqui	Uva pisquera, Pedro Jiménez	7.626	9.020	8.130	107%
55	Elqui	Uva pisquera, Pedro Jiménez	7.062	9.025	8.520	121%

El Cuadro 7 presenta datos sobre el rendimiento en kilogramos por hectárea en cultivos asesorados con la plataforma PLAS en Chile, indicando la producción antes y después de las recomendaciones de riego.

Los datos muestran el rendimiento de diferentes variedades de cultivos en provincias de la Región de Coquimbo, revelando la variación en la producción antes y después de la implementación de las recomendaciones de riego de la plataforma PLAS. Por ejemplo, se puede observar cómo el rendimiento de cultivos como mandarinos, uvas pisqueras, cerezos, clementinas, paltas y varios cítricos ha variado en términos de kilogramos por hectárea antes y después de las recomendaciones de riego.

Esta información es crucial para evaluar el impacto de las recomendaciones de riego de la

plataforma en la productividad de los cultivos, destacando las variaciones significativas en el rendimiento y su relación con las prácticas de riego aplicadas. Esta comparación directa entre la producción antes y después de las recomendaciones puede proporcionar información valiosa sobre la eficacia de las prácticas de riego sugeridas por la plataforma PLAS en la mejora de la productividad de los cultivos en Chile.

Cuadro 7. Rendimiento (kg/ha) en cultivos asesorados con la plataforma PLAS en Chile.

nº	Provincia	Variedad	Producción kg /ha antes de la recomendación de riego	Producción kg /ha después de la recomendación de riego
1	Limarí	Mandarinos Murcot	30.300	33.300
2	Limarí	Mandarinos	10.000	25.000
3	Limarí	Mandarinos, Murcott	32.000	42.000
4	Limarí	Uva Pisquera	40.000	35.000
5	Limarí	Uva Pisquera, Pedro Jiménez, Rosa Pastilla	15.000	15.000
6	Punitaqui	Uva Pisquera, Pedro Jiménez, Rosa Pastilla	15.000	20.000
7	Ovalle	Mandarinos, Murcott	24.000	44.000
8	Limarí	Cerezo Lapins	7.000	10.000
9	Limarí	Uva Pedro Jiménez	58.300	55.800
10	Limarí	Clementina Clemenvilla	40.600	37.500
11	Limarí	Uva Pisquera	65.000	72.000
12	Limarí	Mandarina, Murcott	17.800	10.700
13	Limarí	Palta, hass	7.000	12.000
14	Limarí	Uva Pisquera, Pedro Jimenez	60.000	60.000
15	Limarí	Cítricos	17.000	35.000
16	Limarí	Paltos con mulch plastico	7.000	12.000
17	Limarí	Mandarinos, Orogrande	30.000	25.000
18	Combarbala	Uva de mesa, Flame	40.000	40.000
19	Combarbala	Clementina, Oro Grande 6 años	15.000	35.000
20	Limarí	Mandarinos, Tango	30.000	52.000
21	Limarí	Uva de mesa, Flame	20.000	20.000
22	Monte Patria	Clementina, Orogrande	52.800	28.500
23	Elqui	Cítricos	45.000	50.000
24	Limarí	Cítricos	15.000	11.000
25	Limarí	Nogales, Chandler	28.000	60.000
26	Elqui	Limones, Eureka	11.000	14.000
27	Elqui	Uva de mesa	10.400	16.700
28	Elqui	palto	8.000	5.000
29	Elqui	Cítricos, Clemenule	8.000	14.000
30	Monte Patria	Clementina, Clemenules	25.000	43.000
31	Limarí	Clementina, Oronule	12.000	15.000

32	Monte Patria	Clementina, Oro Grande	60.000	50.000
33	Limarí	Clementina Oro Grande	42.000	30.000
Continuación...				
34	Limarí	Clementina Oro Grande	30.000	35.000
35	Limarí	Clementina Oronule	12.000	43.000
36	Limarí	Clementina, Clemenules	40.000	63.000
37	Monte Patria	Clementina, Clemenules	6.000	31.000
38	Limarí	Pata Hass	10.000	16.000
39	Limarí	Uva de mesa, Allison	20.500	23.500
40	Limarí	Palta Hass	15.000	26.000
41	Limarí	Mandarinas Murcot	15.000	7.500
42	Limarí	Palta, Hass	15.000	60.000
43	Limarí	Cítricos	15.000	14.500
44	Limarí	Mandarinos, Murcott	14.300	5.000
45	Limarí	Uva de mesa, Autom Royal	51.000	44.200
46	Limarí	Palta, Hass	23.000	28.000
47	Ovalle	Mandarinos	30.300	36.600
48	Elqui	Uva de mesa	17.000	29.300
49	Elqui	Uva de mesa, Twny	6.000	10.250
50	Elqui	Uva de mesa	20.000	32.000
51	Elqui	Uva de mesa, Red Globe	53.000	43.200
52	Elqui	Uva Pisquera	30.000	45.000
53	Elqui	Uva pisquera, Pedro Jiménez	20.000	25.000
54	Elqui	Uva pisquera, Pedro Jiménez	36.000	36.000
55	Elqui	Uva pisquera, Pedro Jiménez	35.000	40.000

El Cuadro 8 representa la productividad del agua en kilogramos por metro cúbico (kg/m^3) en diferentes cultivos asesorados por la plataforma PLAS en Chile. Esta métrica es esencial para comprender cómo la eficiencia del riego impacta la producción de cultivos en términos de kilogramos de producto por metro cúbico de agua utilizada. Por ejemplo, se observan variaciones significativas en la productividad del agua para cultivos como mandarinos, uvas pisqueras, cerezos, clementinas, paltas y varios cítricos, antes y después de implementar las recomendaciones de riego.

La columna "Delta" indica la variación porcentual entre la productividad del agua antes y después de las recomendaciones de riego. Este dato resalta la eficacia de las sugerencias de riego de la plataforma PLAS, mostrando mejoras (representadas por valores positivos) o disminuciones (representadas por valores negativos) en la productividad del agua para diferentes cultivos y regiones después de implementar las recomendaciones.

Esta información es crucial para evaluar cómo las prácticas de riego influyen la productividad del agua en la agricultura. Los datos permiten a los agricultores y expertos en gestión hídrica ajustar las prácticas de riego para maximizar la producción de cultivos y mejorar la eficiencia en el uso del recurso hídrico en distintas zonas, contribuyendo así a la sostenibilidad a largo plazo de la agricultura en Chile.

Cuadro 8. Productividad del agua (kg/m³) en cultivos asesorados con la plataforma PLAS en Chile.

nº	Provincia	Variedad	Productividad del agua antes de la recomendación de riego	Productividad del agua después de la recomendación de riego	Delta
1	Limarí	Mandarinos Murcott	6,1	5,1	-15%
2	Limarí	Mandarinos	1,8	2,6	45%
3	Limarí	Mandarinos, Murcott	2,6	3,1	22%
4	Limarí	Uva Pisquera	5,3	4,7	-11%
5	Limarí	Uva Pisquera, Pedro Jiménez, Rosa Pastilla	3,8	2,7	-27%
6	Punitaqui	Uva Pisquera, Pedro Jiménez, Rosa Pastilla	4,3	5,7	33%
7	Ovalle	Mandarinos, Murcott	3,4	5,9	71%
8	Limarí	Cerezo Lapins	1,6	2,0	29%
9	Limarí	Uva Pedro Jiménez	9,5	9,1	-4%
10	Limarí	Clementina Clemenvilla	7,4	6,7	-9%
11	Limarí	Uva Pisquera	12,0	13,4	11%
12	Limarí	Mandarina, Murcott	3,9	2,3	-40%
13	Limarí	Palta, hass	0,8	1,3	71%
14	Limarí	Uva Pisquera, Pedro Jiménez	10,0	9,2	-8%
15	Limarí	Cítricos	2,8	5,4	91%
16	Limarí	Paltos con mulch plástico	1,2	0,9	-23%
17	Limarí	Mandarinos, Orogrande	5,0	4,2	-17%
18	Combarbala	Uva de mesa, Flame	5,7	5,7	0%
19	Combarbala	Clementina, Oro Grande 6 años	2,5	3,9	53%
20	Limarí	Mandarinos, Tango	2,4	4,4	84%
21	Limarí	Uva de mesa, Flame	2,0	2,0	0%
22	Monte Patria	Clementina, Orogrande	6,4	3,6	-45%
23	Elqui	Cítricos	4,8	6,2	27%
24	Limarí	Cítricos	2,2	2,1	-5%
25	Limarí	Nogales, Chandler	4,7	6,0	29%
26	Elqui	Limonos, Eureka	1,8	2,3	25%
27	Elqui	Uva de mesa	1,5	2,4	61%
28	Elqui	Palto	0,6	0,4	-34%
29	Elqui	Cítricos, Clemenule	1,5	1,8	20%
30	Monte Patria	Clementina, Clemenules	4,9	3,9	-20%
31	Limarí	Clementina, Oronule	1,5	2,5	65%

32	Monte Patria	Clementina, Oro Grande	6,0	5,2	-13%
33	Limarí	Clementina Oro Grande	13,1	4,8	-63%
Continuación...					
34	Limarí	Clementina Oro Grande	3,5	4,1	15%
35	Limarí	Clementina Oronule	2,1	7,2	246%
36	Limarí	Clementina, Clemenules	8,5	6,7	-21%
37	Monte Patria	Clementina, Clemenules	3,5	6,2	76%
38	Limarí	Pata Hass	1,4	2,3	60%
39	Limarí	Uva de mesa, Allison	1,9	2,4	26%
40	Limarí	Palta Hass	3,0	2,2	-28%
41	Limarí	Mandarinas Murcot	3,8	1,9	-50%
42	Limarí	Palta, Hass	4,1	8,6	111%
43	Limarí	Cítricos	1,3	1,5	16%
44	Limarí	Mandarinos, Murcott	1,8	0,6	-65%
45	Limarí	Uva de mesa, Autom Royal	6,5	5,8	-12%
46	Limarí	Palta, Hass	2,6	4,0	57%
47	Ovalle	Mandarinos	2,2	3,7	71%
48	Elqui	Uva de mesa	2,1	2,9	38%
49	Elqui	Uva de mesa, Twny	1,2	1,3	7%
50	Elqui	Uva de mesa	5,6	7,8	41%
51	Elqui	Uva de mesa, Red Globe	7,4	6,0	-19%
52	Elqui	Uva Pisquera	4,1	4,6	13%
53	Elqui	Uva pisquera, Pedro Jiménez	2,2	3,1	41%
54	Elqui	Uva pisquera, Pedro Jiménez	4,0	4,4	11%
55	Elqui	Uva pisquera, Pedro Jiménez	3,9	4,7	21%



6. Conclusiones

Los datos recopilados revelan una amplia variabilidad en el consumo de agua entre distintos cultivos y regiones, subrayando la necesidad de implementar estrategias específicas para mejorar la eficiencia hídrica en la agricultura. Es fundamental adaptar la gestión del agua a las demandas de cada cultivo y a las condiciones ambientales locales para maximizar su eficiencia.

Se ha evidenciado una relación directa entre el uso eficiente del agua y la productividad agrícola. Las prácticas bien aplicadas de gestión del agua pueden potenciar el rendimiento de los cultivos, pero es crucial encontrar un equilibrio para optimizar la productividad sin agotar los recursos hídricos disponibles.

El análisis detallado de la productividad del agua proporciona información invaluable sobre la eficiencia en su uso. Esta métrica resulta esencial para evaluar cómo la cantidad de agua utilizada se relaciona con la producción agrícola y para identificar áreas específicas que requieren mejoras en la gestión hídrica.

Los datos recabados ofrecen una base para comparar la situación previa y posterior a la implementación del proyecto destinado a mejorar la gestión del agua en la agricultura. Estos análisis respaldarán recomendaciones que abarcan desde la adopción de tecnologías más eficientes hasta ajustes en las prácticas de riego, todas adaptadas a las necesidades específicas de cada región agrícola y alineadas con el objetivo central del proyecto.

En cuanto a los datos de línea base, estos representan el punto de partida para evaluar varios aspectos clave del proyecto "Nuevas Tecnologías para el Aumento de la Eficiencia en la Agricultura ALC-2030", centrado en el uso eficiente del agua, la mejora del rendimiento de los cultivos y la adopción de tecnologías de monitoreo para el riego. Los indicadores abarcan desde la cantidad de agua utilizada por hectárea hasta el rendimiento de los cultivos, la productividad del agua y el nivel de adopción tecnológica para el monitoreo del riego en diferentes países. Además, se destaca una variación significativa en la adopción de tecnologías de monitoreo del riego en diferentes áreas geográficas.

Respecto a los datos obtenidos previamente de asesorías en Chile utilizando la plataforma PLAS, se observa cómo las recomendaciones de riego han tenido un impacto positivo en la reducción de la cantidad de agua utilizada, el incremento en el rendimiento de los cultivos y la mejora en la productividad del agua.

Estos datos iniciales nos permitirán evaluar los avances y los impactos del proyecto a lo largo del tiempo. Asimismo, subrayan la importancia de ajustar las prácticas de riego para maximizar la producción de cultivos y mejorar la eficiencia en el uso del agua, todo esto adaptado a las condiciones específicas de cada región agrícola.

7. Referencias Bibliográficas

AGRONET. 2020. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural - MADR. ¿Cómo está Colombia en materia de riego?. Recuperado de: <https://www.agronet.gov.co/Noticias/Paginas/C%C3%B3mo-est%C3%A1-Colombia-en-materia-de-riego.aspx>

Álvarez, O., Galeazzi, J., Stangaferro, S. y Polla, G. (1995). Organización, procesamiento y evaluación de la información sobre niveles del agua freática en el Alto Valle de Rio Negro p. 1-93 (Informe técnico), Convenio FCA – DPA. ITAC

ASORUT. 2018. Características generales distrito de riego RUT. Valle del Cauca, Colombia. Segunda edición.

ASORUT. 2020. Informe Técnico mensual de la unidad de Operación y Conservación. Asociación de Usuarios del Distrito de Riego RUT. Archivo xls.

Ayers, R.S. y Westcot, D.W. (1987) La calidad del agua para agricultura. Estudios FAO: Riegos y

Banco Mundial, 2020. Panoramas alimentarios futuros Reimaginando la agricultura en América Latina y el Caribe. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/159291604953162277/pdf/Future-Foodscapes-Re-imagining-Agriculture-in-Latin-America-and-the-Caribbean.pdf>.

CEPAL. (2021). Temas: Recursos Hídricos. Recuperado de: <https://www.cepal.org/es/temas/recursos-hidricos>


CIL – AYEE (1988) Estudio para el aprovechamiento integral del Río Negro. Informe técnico.

CIL (1991) Inconas Latinoconsult. Estudio Integral del Río Negro II Etapa. Edafología. Agua y Energía Eléctrica.

Corporación autónoma regional del valle del cauca – CVC. 2017. Evaluación regional del agua valle del cauca – 2017. Dirección Técnica Ambiental. 397 pp. Recuperado de https://www.cvc.gov.co/sites/default/files/2018-10/EVALUACION_REGIONAL_AGUA_Ajustes2018_2.pdf.

Departamento Nacional de Planeación, DNP. 2014. Diagnóstico y prospectiva de la adecuación de tierras en Colombia. Documento técnico para la Misión para la Transformación del Campo. Bogotá: DNP. Recuperado de: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Agriculturapequarioforestal%20y%20pesca/Diagn%C3%B3stico%20y%20Prospectiva%20de%20la%20Adecuaci%C3%B3n%20de%20Tierras%20en%20Colombia.pdf>

Departamento Nacional de Planeación, DNP. 2016. Ejecutado por Econometría Consultores. Evaluación institucional y de operaciones de la política de Adecuación de Tierras desde el PRONAT



y la Ley 41 de 1993 hasta la actualidad. Recuperado de: https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Sinergia/Documentos/Informe_de_Resultados-Adecuaci%C3%B3n_de_Tierras.pdf.

Departamento Nacional de Planeación, DNP. 2018. CONPES 3926: Política de adecuación de tierras 2018-2038. Recuperado de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3926.pdf>.

Departamento Nacional de Planeación, DNP. 2019. Informe de priorización de los elementos críticos para mejorar la productividad del agua y la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales y el reúso del agua. Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia – CTA. Línea de Agua y Medio Ambiente. Consultado el 31/03/2022. Recuperado de: https://www.dnp.gov.co/Crecimiento-Verde/Documents/ejes-tematicos/Agua/INFORME_PRIORIZACION_12_02_18.pdf.

DIEA-MGAP 2018. Informe sobre riego. Dirección de Estadísticas Agropecuarias. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Montevideo. Uruguay.

DIEA-MGAP. 2021. Anuario Estadístico Agropecuario. Dirección de Estadísticas Agropecuarias. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Montevideo. Uruguay.

Dorado, D., Grajales, L., & Ríos, L. (2015). Efecto del riego y la fertilización sobre el rendimiento y la calidad de la fruta de lima ácida Tahití *Citrus latifolia* Tanaka (Rutaceae). *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 16(1), 87-93.

Doria, M. D. F., García, M., Mancilla, G., & Buytaert, W. (2021). Strategies for increasing water availability and enhancing water-use efficiency in Latin America and the Caribbean.

Drenajes nº 29. Roma: Re. FAO. 1987. 174 p

FAO (2018). Progress on Water-use Efficiency: Global baseline for SDG indicator 6.4.1 Rome: FAO and UN-Water. 56 pp.


FAO. 2015. Estudio Del Potencial De Ampliación Del Riego En Argentina.

FAO. 2019a. El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Progresos en la lucha contra la pérdida y el desperdicio de alimentos. Roma

Fedesarrollo. 2019. Adecuación de tierras y el desarrollo de la agricultura colombiana: políticas e instituciones. Bogotá D.C., Colombia. 447 pp. Recuperado de: https://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/3763/Repor_Abril_2019_Perfetti_et_al.pdf?sequence=4&isAllowed=y#page=135&zoom=100,109,381.

FERNÁNDEZ MUÑOZ, S. (2003). El bajo Neuquén. La transformación de un espacio natural en un territorio agrícola en la Patagonia Argentina. Universidad Autónoma de Madrid. España.

Godagnone, R. E., & Bran, D. (2009). Inventario de los Recursos Naturales de la Provincia de Río Negro. Actualización. Ediciones INTA



Gonzalez Aubone, F., Andrieu, J., & Montenegro, F. (2020). Proceso de adecuación del suministro de agua para riego en la Colonia Fiscal Sarmiento (San Juan) orientado a la GIRH. EEA San Juan.

Hoover, D. L., Abendroth, L. J., Browning, D. M., Saha, A., Snyder, K., Wagle, P., ... & Scott, R. L. (2023). Indicators of water use efficiency across diverse agroecosystems and spatiotemporal scales. *Science of The Total Environment*, 864, 160992.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. (2019). Estudio Nacional del Agua 2018. Bogotá: IDEAM, 452 pp. Recuperado de: <https://cta.org.co/descargables-biblionet/agua-y-medio-ambiente/Estudio-Nacional-del-Agua-2018.pdf>.

Instituto geográfico Agustín Codazzi - IGAC. 2017. Producción agropecuaria en los grandes Distritos de riego de Colombia ha sido improvisada. Recuperado de: <https://www.igac.gov.co/es/noticias/produccion-agropecuaria-en-los-grandes-distritos-de-riego-de-colombia-ha-sido-improvisada>.

Jouravlev, A., Matus, S. S., & Sevilla, M. G. (2021). Reflexiones sobre la gestión del agua en América Latina y el Caribe. *Textos seleccionados 2002-2020*.

Luo, Y., Zhou, X. 2006. *Soil respiration and the environment*. Elsevier Inc.


Mekonnen, M. M. et al., (2015), “Sustainability, efficiency and equitability of water consumption and pollution in Latin America and the Caribbean”, *Sustainability*, vol. 7, No. 2.

Mekonnen, M.M., M. Pahlow, M.M. Aldaya, E. Zarate, and A.Y. Hoekstra. 2015. Sustainability, Efficiency and Equitability of Water Consumption and Pollution in Latin America and the Caribbean. *Sustainability* 7 (2): 2086–112.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural - MADR. 2020. Plan Nacional de Riego y Drenaje para la Economía Campesina, Familiar y Comunitaria. Plan Nacional para la Reforma Rural Integral. Resolución 000091 de 2020. 48 pp. Recuperado de: <https://www.minagricultura.gov.co/Normatividad/Resoluciones/RESOLUCI%C3%93N%20NO.%20000091%20DE%202020.pdf>

Miranda, O.; Paz, M.; Gonzalez Aubone, F.; Andrieu, J. (2011): “El uso del agua para riego en la provincia de San Juan: una mirada territorial e institucional”, *Estudios socioeconómicos de la sustentabilidad de los sistemas de producción y recursos naturales* N° 16, 32 págs. ISSN 1851-6955.

Morris, M; Sebastián, AR; Perego, VME; Nash, JD; Diaz-Bonilla, E; Pineiro, V; Laborde, D; Chambers, TT; Prabhala, P; Arias, J; De Salvo, CP; Centurion, . 2020. *Panoramas alimentarios futuros: reimaginando la agricultura en América Latina y el Caribe* (en línea). Washington D. C., Estados Unidos de América, Grupo Banco Mundial. 246 p. Consultado 15 abr. 2021. Disponible en <https://documents1.worldbank.org/curated/en/159291604953162277/pdf/Future-Foodscapes-Re-imagining-Agriculturein-Latin-America-and-the-Caribbean.pdf>.



Muangprathub, J., Boonnam, N., Kajornkasirat, S., Lekbangpong, N., Wanichsombat, A., & Nillaor, P. (2019). IoT and agriculture data analysis for smart farm. *Computers and electronics in agriculture*, 156, 467-474.

Organización Meteorológica Mundial (OMM). Estado del clima en América Latina y el Caribe 2021. OMM: Ginebra, 2022.

Polla, G., Pavese, J., Elissalde, M., & Horne, F. (2013). Evaluación del comportamiento del acuífero del Alto Valle de Río Negro para control de heladas en un distrito de riego. In VIII Congreso Argentino de Hidrogeología y VI Seminario Latinoamericano sobre Termas Actuales de la Hidrología Subterránea (La Plata, 17 al 20 de septiembre de 2013).

Quichán, S., Esquercia, W., Martínez, R. M., Lui, E., Mazzieri, J., & Simón, M. R. 2015. Riego por aspersión en la Norpatagonia y su efecto sobre las propiedades del suelo en los nuevos emprendimientos de regadíos. *Revista Pilquen. Sección Agronomía*, 15(1), 1-10.

Rossi, P. (2013). Agua Subterránea en el Ato Valle de la Provincia de Río Negro. Intendencia General de Recursos Hídricos. Delegación Regional Valle Medio. Departamento Provincial de Aguas. Río Negro, Argentina.

Secretaría de Ambiente y Ordenamiento Territorial. El agua en Mendoza. <https://www.mendoza.gov.ar/wp-content/uploads/sites/15/2021/08/FASCICULO-03.pdf>

Sinclair, T. R., Tanner, C. B., & Bennett, J. M. (1984). Water-use efficiency in crop production. *Bioscience*, 34(1), 36-40.

Svampa, F. (2016). Transformaciones territoriales en el Alto Valle de Río Negro, el declive de la matriz frutihortícola en el municipio de Allen. In IX Jornadas de Sociología de la UNLP 5 al 7 de diciembre de 2016 Ensenada, Argentina. Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Departamento de Sociología.

Tang, X., Li, H., Desai, A. R., Nagy, Z., Luo, J., Kolb, T. E., & Ammann, C. (2014). How is water-use efficiency of terrestrial ecosystems distributed and changing on Earth?. *Scientific reports*, 4(1), 7483.

Verbist K., Santibañez, F., Gabriels, D. and Soto, G. 2010. Atlas of Arid and Semi Arid Zones of Latin America and the Caribbean, Technical Documents of the UNESCO PHI-LAC, N25, ISBN

VIII Censo Nacional Agropecuario y Forestal, 2021. Datos tabulados. Disponible en <https://www.ine.gov.cl/estadisticas/economia/agricultura-agroindustria-y-pesca/censos-agropecuarios>

WWAP, D. (2015). Water Policy, PNUMA-DHI, Centro para el Agua y el Medio Ambiente (2009). Integrated Water Resources Management (IWRM) in Action.

Instituciones participantes





Secretaría Técnica Administrativa



Con el apoyo de:



www.fontagro.org

Correo electrónico: fontagro@fontagro.org