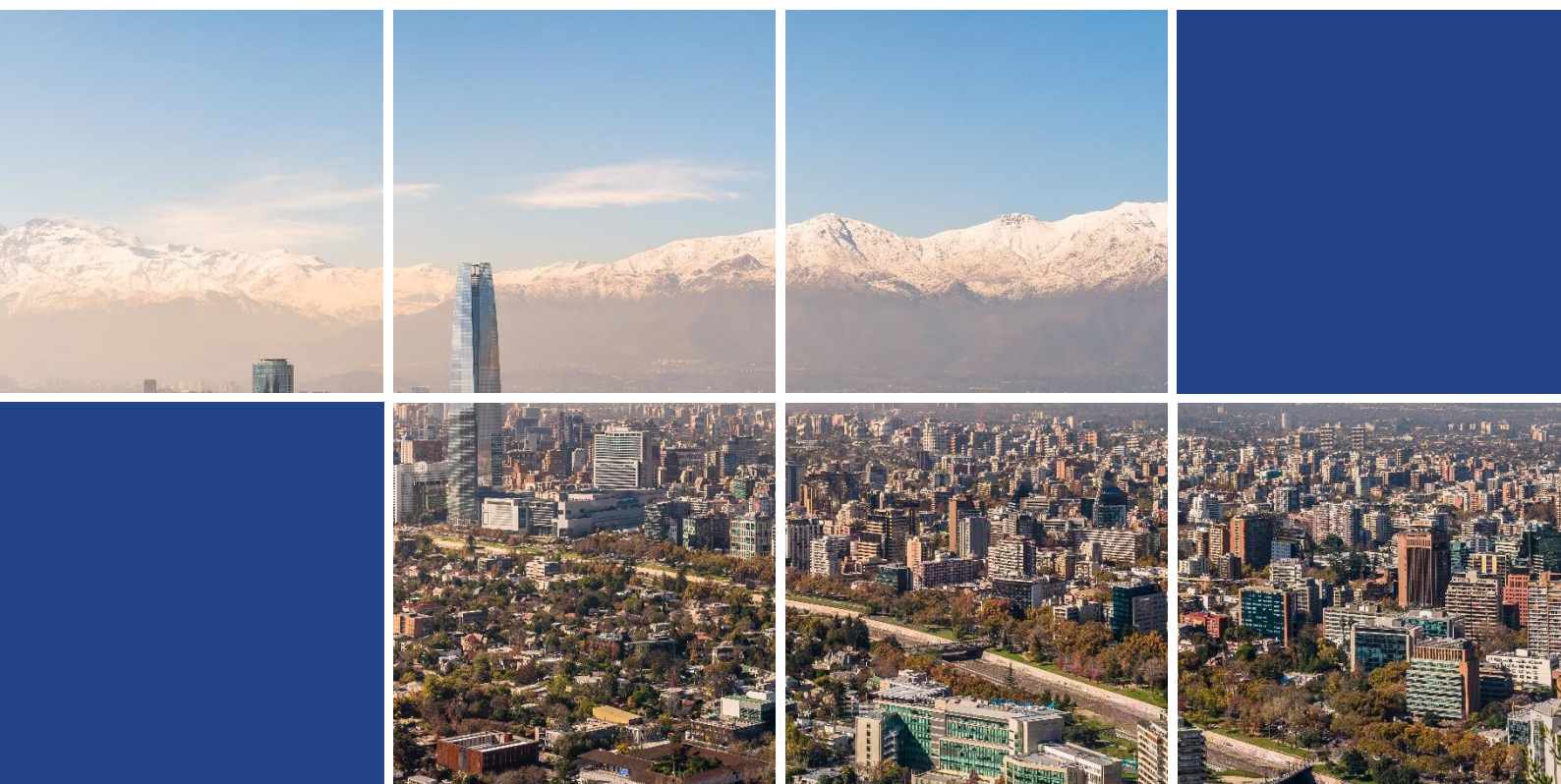


# Evaluación de Necesidades Tecnológicas (TNA) y Plan de Acción Tecnológica (TAP) para la implementación de la NDC de Chile

Producto 3.3: Desarrollo de un Plan de Acción Tecnológico - Sector Silvoagropecuario



Elaborado para:

## **Consultoría:**

Evaluación de Necesidades Tecnológicas (TNA) y Plan de Acción Tecnológica (TAP) para la implementación de la NDC de Chile

## **Ciente:**

Red y Centro de Tecnología del Clima (CTCN)

CTCN, Ciudad de las Naciones Unidas, Marmorvej 51, 2100 Copenhague, Dinamarca

<https://www.ctc-n.org/>

## **Producido por:**

DEUMAN

AV. Vitacura 2909, Las Condes, Santiago, Chile

+56 2 32247478

[www.deuman.com](http://www.deuman.com)

Anthesis Lavola

Rambla de Catalunya, 6, 08007 Barcelona, España.

+34 938 51 50 55

<https://www.anthesisgroup.com/es/>

## **Detalles de contacto:**

Itala Ferrer

[lferrer@deuman.com](mailto:lferrer@deuman.com)

## **Lugar y fecha de presentación:**

Santiago, 31 de enero del 2024.

## Índice de contenido

|  |    |
|--|----|
| Índice de contenido .....  | 3  |
| Índice de tablas.....  | 4  |
| Índice de figuras .....  | 5  |
| Siglas y acrónimos.....  | 6  |
| Resumen ejecutivo .....  | 7  |
| Plan de acción tecnológica - sector silvoagropecuario.....   | 7  |
| Alcance y ambición del plan.....   | 7  |
| Acciones para el plan de acción tecnológico sap .....  | 8  |
| ideas de proyectos.....  | 9  |
| 1.    Antecedentes.....  | 10 |
| 2.    Análisis de barreras y marco habilitante (BAEF) .....  | 11 |
| 2.1.    Tecnología 1. <i>Machine learning</i> para optimizar el rendimiento de la actividad agrícola y forestal.....                 | 11 |
| 2.1.1.    Descripción de la tecnología .....   | 11 |
| 2.1.2.    Análisis de barreras .....   | 13 |
| 2.1.3.    Recomendaciones para levantar las barreras .....   | 14 |
| 2.2.    Tecnología 2. Sistema de Irrigación Inteligente (SII) para la agricultura rural .....  | 15 |
| 2.2.1.    Descripción de la tecnología .....   | 15 |
| 2.2.2.    Análisis de barreras .....   | 17 |
| 2.2.3.    Recomendaciones para levantar las barreras .....   | 19 |
| 2.3.    Tecnología 3. Sistema de Alertas Tempranas (SAT) para eventos extremos que afectan la productividad silvoagropecuaria .....  | 19 |
| 2.3.1.    Descripción de la tecnología .....   | 19 |
| 2.3.2.    Análisis de barreras .....   | 22 |
| 2.3.3.    Recomendaciones para levantar barreras .....   | 23 |
| 2.4.    Análisis sectorial.....  | 24 |
| 2.4.1.    Análisis de barreras .....   | 24 |
| 2.4.2.    Condiciones habilitantes del sector .....  | 27 |
| 3.    Plan de Acción Tecnológico (PAT) para el sector silvoagropecuario .....  | 29 |
| 3.1.    Descripción general del sector.....  | 29 |
| 3.2.    Ambición del PAT.....  | 29 |
| 3.3.    Acciones y actividades .....   | 30 |
| 3.3.1.    Tecnología 1. <i>Machine learning</i> para optimizar el rendimiento de la actividad agrícola                               | 30 |
| 3.3.2.    Tecnología 2. Sistema de irrigación inteligente (SII) para la agricultura rural.....                                       | 31 |
| 3.3.3.    Tecnología 3. Sistema de Alertas Tempranas (SAT) para eventos extremos que afectan la productividad silvoagropecuaria..... | 33 |
| 3.3.4.    Actividades transversales .....  | 35 |
| 3.4.    Mapeo de actores para la implementación del PAT .....  | 38 |
| 3.5.    Estimación de recursos necesarios para acciones y actividades.....   | 39 |
| 3.5.1.    Estimación de necesidades para el fortalecimiento de capacidades .....   | 39 |
| 3.5.2.    Estimación de costos de acciones y actividades .....   | 40 |
| 3.6.    Planificación de la gestión .....  | 57 |
| 3.6.1.    Medidas de gestión para el riesgo .....  | 57 |
| 3.6.2.    Próximos pasos .....   | 60 |
| 3.7.    Reporte y monitoreo.....   | 61 |

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 4.     | Ideas de proyecto .....  | 62 |
| 4.1.   | Idea de proyecto tecnología 1: Piloto de Machine Learning en sistemas productivos mixtos de una cuenca de la región de Maule ..... | 62 |
| 4.1.1. | Objetivos .....  | 62 |
| 4.1.2. | Actividades y cronograma del proyecto .....  | 62 |
| 4.1.3. | Relación con las prioridades del país .....  | 63 |
| 4.1.4. | Co-beneficios del proyecto .....   | 63 |
| 4.1.5. | Presupuesto del proyecto .....   | 64 |
| 4.1.6. | Medidas de gestión de riesgo .....   | 65 |
| 4.2.   | Idea de proyecto tecnología 2: Sistema de Alerta Temprana completo en Ñuble-Biobío ....  | 66 |
| 4.2.1. | Objetivos .....  | 66 |
| 4.2.2. | Actividades y cronograma del proyecto .....  | 66 |
| 4.2.3. | Relación con la prioridades del país .....   | 68 |
| 4.2.4. | Co-beneficios del proyecto .....   | 68 |
| 4.2.5. | Presupuesto del proyecto .....   | 69 |
| 4.2.6. | Medidas de gestión de riesgo .....   | 71 |
| 4.3.   | Idea de proyecto tecnología 3: Modernización de las herramientas tecnológicas para la eficiencia hídrica .....                     | 71 |
| 4.3.1. | Objetivos .....  | 71 |
| 4.3.2. | Actividades y cronograma del proyecto .....  | 71 |
| 4.3.3. | Relación con las prioridades del país .....  | 73 |
| 4.3.4. | Co-beneficios del proyecto .....   | 73 |
| 4.3.5. | Presupuesto del proyecto .....   | 74 |
| 4.3.6. | Medidas de gestión de riesgo .....   | 76 |
|        | Referencias bibliográficas .....   | 77 |
|        | Anexos.....  | 82 |
|        | Anexo 1. Metodología BAEF.....   | 82 |
|        | Anexo 2. Esquemas de causa y efecto.....   | 84 |

## Índice de tablas

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| Tabla 1.  | Recomendaciones para la tecnología de <i>machine learning</i> .....   | 15 |
| Tabla 2.  | Recomendaciones para la tecnología de sistema de irrigación inteligente para la agricultura rural.....  | 19 |
| Tabla 3.  | Recomendaciones para el SAT para eventos extremos que afectan la productividad silvoagropecuaria.....   | 24 |
| Tabla 4.  | Recomendaciones transversales al sector .....   | 27 |
| Tabla 5.  | Alcance de la tecnología .....  | 29 |
| Tabla 6.  | Acciones y actividades para la tecnología de machine learning .....   | 31 |
| Tabla 7.  | Acciones y actividades para la tecnología de sistemas de irrigación inteligente .....   | 32 |
| Tabla 8.  | Acciones y actividades para la tecnología de sistemas de alertas tempranas para eventos extremos que afectan la productividad silvoagropecuaria ..... | 34 |
| Tabla 9.  | Acciones y actividades sectoriales para el Plan de Acción Tecnológico del sector silvoagropecuario.....   | 36 |
| Tabla 10. | Tabla de planificación de las acciones para la implementación de las actividades transversales.....   | 41 |
| Tabla 11. | Tabla de planificación de las acciones para la implementación de las actividades de la tecnología 1 .....   | 47 |

|   |    |
|---|----|
| Tabla 12. Tabla de planificación de las acciones para la implementación de las actividades de la tecnología 2 ..... | 49 |
| Tabla 13. Tabla de planificación de las acciones para la implementación de las actividades de la tecnología 3 ..... | 52 |
| Tabla 14. Tipos de riesgos identificados para el sector .....   | 57 |
| Tabla 15. Análisis de riesgos y acciones de contingencia del sector silvoagropecuario .....                         | 58 |
| Tabla 16. Análisis de riesgo de las tecnologías priorizadas del sector .....  | 59 |
| Tabla 17. Identificación de las necesidades inmediatas y pasos críticos .....                                       | 60 |
| Tabla 18. Actividades y cronograma de la idea de proyecto de la tecnología 1 .....                                  | 62 |
| Tabla 19. Estimación de costos de la idea de proyecto de la tecnología 1 .....                                      | 64 |
| Tabla 20. Actividades y cronograma de la idea de proyecto de la tecnología 2 .....                                  | 67 |
| Tabla 21. Estimación de costos de la idea de proyecto de la tecnología 2 .....                                      | 69 |
| Tabla 22. Actividades y cronograma de la idea de proyecto de la tecnología 3 .....                                  | 72 |
| Tabla 23. Estimación de costos de la idea de proyecto de la tecnología 3 .....                                      | 74 |

## Índice de figuras

|  |    |
|--|----|
| Figura 1. Componentes de tecnologías basadas en <i>machine learning</i> .....  | 11 |
| Figura 2. Componentes de un sistema de irrigación inteligente .....  | 16 |
| Figura 3. Pilares del ciclo de valor de los Sistemas de Alertas Tempranas .....  | 20 |
| Figura 4. Metodología del BAEF .....   | 82 |
| Figura 5. Esquema causa – efecto de las barreras y/o brechas existentes para la inserción de <i>machine learning</i> para optimizar el rendimiento de la actividad agrícola y forestal ..... | 84 |
| Figura 6. Esquema causa – efecto de las barreras y/o brechas existentes para la inserción de sistemas de irrigación inteligente para la agricultura pequeña y familiar .....                 | 85 |
| Figura 7. Esquema causa – efecto de las barreras y/o brechas existentes para la inserción de SAT ...   | 86 |
| Figura 8. Esquema causa – efecto de las barreras existentes para la inserción de tecnologías de información agroclimática en el sector SAP .....   | 87 |

## Siglas y acrónimos

|                |   |
|----------------|---|
| <b>BAEF</b>    | Análisis de Barreras y Marco Habilitante (por sus siglas en inglés Barrier Analysis and Enabling Framework) |
| <b>CIDIGEN</b> | Centro de Investigación para la Gestión Integrada del Riesgo de Desastres                                   |
| <b>CONAF</b>   | Corporación Nacional Forestal   |
| <b>CORFO</b>   | Corporación de Fomento de la Producción de Chile  |
| <b>DGA</b>     | Dirección General de Aguas  |
| <b>FDF</b>     | Fundación para el Desarrollo Frutícola  |
| <b>INE</b>     | Instituto Nacional de Estadísticas de Chile   |
| <b>INFOR</b>   | Instituto Forestal de Chile   |
| <b>INIA</b>    | Instituto Nacional e Investigación Agropecuaria   |
| <b>MINAGRI</b> | Ministerio de Agricultura de Chile  |
| <b>MMA</b>     | Ministerio del Medio Ambiente de Chile  |
| <b>ODEPA</b>   | Oficina de Estudios y Políticas Agrarias de Chile   |
| <b>RETC</b>    | Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes  |
| <b>SAP</b>     | Silvoagropecuario   |
| <b>SAT</b>     | Sistema de Alertas Tempranas  |
| <b>SINADER</b> | Sistema Nacional de Declaración de Residuos   |
| <b>SINIA</b>   | Sistema Nacional de Información Ambiental de Chile  |
| <b>TIC</b>     | Tecnologías de la Información y Comunicaciones  |

## Resumen ejecutivo

### Plan de acción tecnológica - Sector silvoagropecuario

La evaluación de necesidades tecnológicas (TNA) en Chile, se desarrolló en 3 etapas: (1) identificación y priorización de tecnologías, (2) identificación y análisis de barreras para su implementación y (3) elaboración de planes de acción tecnológicas (PAT). Asimismo, preliminarmente a la ejecución de estas etapas se conformó un ecosistema de actores, que se establecieron en base al análisis de partes interesadas clave, el establecimiento de un comité directivo TNA y la formación de grupos de trabajo para el sector silvoagropecuario.

El PAT es un plan detallado que describe las acciones y estrategias necesarias para promover la adopción de las tecnologías identificadas en las etapas anteriores. Para el **sector silvoagropecuario** responde a los desafíos que están relacionados a la gestión de información climática silvoagropecuaria a nivel nacional y a la falta de información agroclimática, información necesaria para realizar la planificación y manejo de los cultivos y demás actividades pecuarias.

### Alcance y ambición del plan

El Plan de Acción Tecnológico responde a la NDC Chile, el Plan de Nacional de Adaptación al Cambio Climático y al Plan Sectorial de Adaptación al Cambio Climático del sector Silvoagropecuario.

|   | Alcance   | Ambición del Plan   |
|---|---|---|
| Machine learning para optimizar el rendimiento de la actividad SAP                  | Enfocada en complementar la información reportada por la Red Agroclimática Nacional a partir de datos de monitoreo recopilados a nivel local, con el fin de garantizar que las recomendaciones y predicciones generadas sean adecuadas a las características climáticas, ambientales e hídricas de los predios agrícolas rurales donde se implementen estas tecnologías.                                | Fortalecer la capacidad de adaptación a los riesgos relacionados al clima mediante la implementación de machine learning en la actividad agrícola<br><br>Fortalecer la planificación y gestión de recursos hídricos mediante un sistema de irrigación inteligente en la agricultura rural |
| Sistema de Irrigación Inteligente (SI) para la agricultura rural                    | Enfocada en complementar la información reportada por la Red Agroclimática Nacional a partir de datos de monitoreo recopilados a nivel predial, con el fin de garantizar que las recomendaciones y predicciones generadas por la tecnología sean adecuadas a las características climáticas, ambientales e hídricas de los predios agrícolas rurales donde se implementen estos sistemas de irrigación. | Fortalecer la planificación y gestión de recursos hídricos mediante un sistema de irrigación inteligente en la agricultura rural.   |
| Sistema de Alertas Tempranas para eventos extremos que afectan la productividad SAP | Ampliación de los sistemas de alerta temprana existentes y su fortalecimiento a través del monitoreo de nuevas variables que resulten relevantes para la prevención de los impactos asociados a eventos climáticos sobre el sector silvoagropecuario rural. Esto en aras de asegurar que la información llegue de forma clara y sencilla al usuario final para que sea utilizada de manera efectiva.    | Fortalecer la información de la gestión de riesgos agroclimáticos mediante un sistema de alertas tempranas para eventos climáticos que afectan la productividad   |

## Acciones para el Plan de Acción Tecnológico SAP

|  |  |  |
|--|--|--|
| <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">TRANSVERSAL SECTORIAL</p>                     | <p>A1. Fomentar alianzas entre las empresas agrícolas (grandes y pequeñas), la academia y entidades públicas para que fortalezcan la transferencia de innovación tecnológica.</p> <p>A2. Crear una campaña de comunicación estratégica para informar a los agricultores sobre las líneas de crédito disponibles y los requisitos para acceder a ellas.</p> <p>A3. Elaborar una estrategia de entendimiento y uso de la tecnología mediante materiales difusivos y capacitaciones técnicas.</p> <p>A4. Fomentar capacitaciones mediante cursos, carreras técnicas o profesionales que permitan al sector.</p> <p>A5. Aplicar enfoque de género en la implementación de las tecnologías que asegure el involucramiento y participación de las mujeres, consideración de las necesidades, expectativas de las mujeres en el uso y apropiación de las tecnologías.</p> <p>A6. Articular alianzas público-privadas con empresas de telecomunicaciones que favorezca la inversión y el despliegue de infraestructura de conectividad en áreas rurales.</p> | <p>MINAGRI</p> <p>CORFO</p> <p>INIA</p> <p>ODEPA</p> <p>FIA</p> <p>INDAP</p> |
| <p>Machine learning para optimizar el rendimiento de la actividad SAP</p>                                      | <p>A1. Articular la evaluación de la priorización de las tecnologías de Machine Learning.</p> <p>A2. Fomentar el cofinanciamiento para la implementación, operación y mantenimiento de la tecnología</p>   | <p>MINAGRI</p> <p>Minciencias</p> <p>ETICC</p> <p>ODEPA</p> <p>FIA</p>       |
| <p>Sistema de Irrigación Inteligente (SII) para la agricultura rural</p>                                       | <p>A1. Promover y fortalecer los mecanismos de financiamiento para la implementación de sistemas de irrigación inteligente.</p> <p>A2. Generar recomendaciones en un lenguaje sencillo que brinde acciones de respuesta.</p> <p>A3. Implementar un programa de concientización y sensibilización sobre los impactos del cambio climático sobre la disponibilidad hídrica para el sector y necesidades de adaptación.</p>   | <p>INIA</p> <p>INDAP</p> <p>FIA</p> <p>ODEPA</p> <p>MINAGRI</p>              |
| <p>Sistema de Alertas Tempranas (SAT) para eventos extremos que afectan la productividad silvoagropecuaria</p> | <p>A1. Implementar una estrategia que movilice recursos destinados al financiamiento de SAT existentes.</p> <p>A2. Generar recomendaciones en un lenguaje sencillo para agricultores/as y ganaderos/as rurales que brinde acciones de preventivas y específicas.</p> <p>A3. Capacitar al personal encargado de los reportes de difusión de alertas tempranas en un lenguaje sencillo.</p> <p>A4. Implementar una estrategia de difusión de alertas tempranas para los silvoagropecuarios rurales.</p>  | <p>ODEPA</p> <p>CONAF</p> <p>INIA</p> <p>FIA</p> <p>SENAPRED</p>             |

## Ideas de proyectos

Piloto de Machine Learning en sistemas productivos mixtos de una cuenca de la región de Maule

El piloto busca desarrollar un modelo predictivo que permita mejorar la toma de decisiones en las unidades productivas seleccionadas, con el fin de optimizar su rendimiento. Deberá ser implementado en un área delimitada que cuente con predios productivos caracterizados por su diversidad de especies agrícolas, lo que favorece el entrenamiento del sistema y su escalabilidad en un área más grande caracterizada por la presencia de los cultivos con los que se ha ajustado el modelo. Adicionalmente, es importante que los predios seleccionados se encuentren dentro de la misma cuenca para monitorear el impacto del proyecto sobre el balance hídrico de la cuenca.

Se definió como lugar de implementación la región del Maule debido a la variabilidad climática que presenta a lo largo del año, considerando periodos de condiciones extremas con altas temperaturas y sequías, así como periodos de fuertes lluvias torrenciales. Esta variabilidad favorece también el entrenamiento del modelo de machine learning con una amplia diversidad de datos.

Sistema de Alerta Temprana completo en Ñuble-Biobío

El piloto implementaría un sistema de alerta temprana multiusuario modular, en un territorio donde se encuentren todas las actividades silvoagropecuarias (forestal, agrícola, frutícola, ganadera).

Esta idea considera fortalecer la red de alertas con radares y sensores a diferentes profundidades del suelo, que permitan el modelamiento de nuevas variables, de utilidad para cada uno de los subsectores descritos. Dentro del proyecto se deben considerar los mecanismos de comunicación con los sectores productivos, socializar el tipo de información que se recibirá, y asegurar las acciones o respuestas que deben tomar los sectores antes las alertas recibidas.

Modernización de las herramientas tecnológicas para la eficiencia hídrica

El piloto de modernización de las herramientas tecnológicas para la eficiencia hídrica busca complementar la información requerida para el funcionamiento eficiente de sistemas de irrigación inteligente en las 3 macrozonas del territorio nacional, implementando un sistema de monitoreo que incluya las condiciones de humedad del suelo en conjunto con Red Agrometeorológica de Chile y la Plataforma Agrícola Satelital (PLAS).

## 1. Antecedentes

A partir de un trabajo conjunto con los miembros del grupo de trabajo sectorial, se identificó que el principal desafío que enfrenta el sector silvoagropecuario (SAP) es el *acceso a la información climática agrícola y forestal*. Información que sea provechosa para su utilización dentro de la planificación y manejo de los cultivos y otras actividades pecuarias, considerando al agricultor de pequeña escala o agricultura familiar.

Durante el segundo grupo de trabajo se precisó que, aunque existen portales y observatorios que proveen información a la ciudadanía, son múltiples las variables agroclimáticas que no son visualizadas, porque no son de acceso público o porque no se lleva registros de dicha información. Además, dicha información no suele presentarse en un lenguaje simple para los usuarios finales, lo que sustenta la necesidad de transferencia tecnológica en el sector. Finalmente, en la mesa técnica también se mencionó que la información disponible no suele ser desagregada a nivel regional o local lo que dificulta su aprovechamiento.

Actualmente, se han desarrollado algunas acciones que ayudan a abordar el desafío. Por ejemplo, el estudio de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA) “Estudio de detección de brechas de información para la elaboración de indicadores de productividad sectorial” identificó algunas variables ambientales que no suelen ser cuantificadas en los censos y encuestas agrícolas nacionales, dificultando determinar y planificar la productividad de los cultivos, tales como fertilidad, nutrientes, pendientes, grado de degradación del suelo y altitud del predio [1]. Otro avance ha sido la instalación de mesas agroclimáticas participativas en la región de O’Higgins que, mediante un sistema de información agroclimática, un sistema de capacitación, de comunicación y difusión, buscó instalar en el sector silvoagropecuario un modelo de gestión para la adaptación al cambio climático a nivel nacional [2].

En vista de la información recogida en el segundo grupo de trabajo, para responder al desafío priorizado en el sector, se recopiló una serie de tecnologías que daban frente a los vacíos de información agroclimática existentes en el país. Posteriormente, en el Tercer grupo de trabajo, por consenso general fueron priorizadas las siguientes tecnologías:

- **Tecnología 1:** *Machine learning* para optimizar el rendimiento de la actividad agrícola y forestal
- **Tecnología 2:** Sistema de Irrigación Inteligente (SII) para la agricultura rural
- **Tecnología 3:** Sistema de Alertas Tempranas (SAT) para eventos climáticos extremos que afectan la productividad silvoagropecuaria

## 2. Análisis de barreras y marco habilitante (BAEF)

En este primer capítulo se identificarán las barreras a la introducción, uso y difusión de las tecnologías priorizadas en el sector SAP, y una propuesta de medidas que den respuesta a cerrar las brechas y generar un marco habilitante para la inserción de las tecnologías.

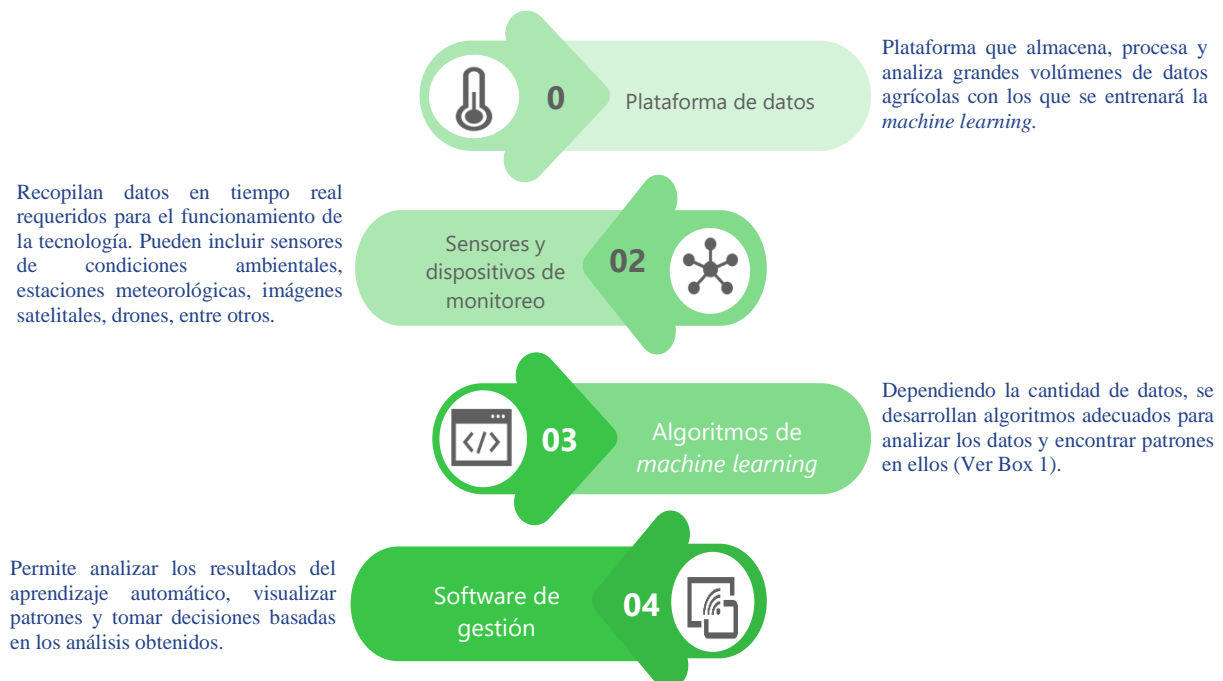
La metodología desarrollada para identificar dichas barreras se basó en las recomendaciones del documento *Overcoming Barriers to the Transfer and Diffusion of Climate Technologies* (ver Anexo 1). A continuación, se hará una presentación de las barreras para el sector SAP.

### 2.1. Tecnología 1. *Machine learning* para optimizar el rendimiento de la actividad agrícola y forestal

#### 2.1.1. Descripción de la tecnología

Una *machine learning* es una forma de inteligencia artificial en la que el sistema aprende a partir de los datos suministrados, en lugar de ser programado de manera directa. Con relación a la aplicación al sector agrícola y forestal, hace referencia al uso de algoritmos y técnicas basadas en inteligencia artificial para llevar a cabo análisis de datos y generar recomendaciones para la productividad de los cultivos automatizadas o asistidas por computadora [3]. Para el funcionamiento de las tecnologías de *machine learning* se distinguen los siguientes componentes:

Figura 1. Componentes de tecnologías basadas en *machine learning*



Fuente: Liakos et al. [3].

### Box 1. Aplicaciones del machine learning al sector agrícola

Existen diferentes técnicas o enfoques para la implementación del machine learning. Esto varía dependiendo de la naturaleza del problema al que se le busca dar solución basándose en la cantidad y el tipo de datos que puedan ser suministrado. A continuación, se presentan algunos ejemplos aplicados al sector agrícola:

| Enfoque de aprendizaje           | Descripción   | Aplicación en el sector  |
|----------------------------------|---|--|
| Aprendizaje supervisado          | Utilizado para predecir valores futuros en función de datos históricos.   | Predicción del rendimiento de cultivos en función de condiciones climáticas y otros factores ambientales.  |
| Aprendizaje no supervisado       | Utilizado para identificar patrones en los datos sin requerir una etiqueta o respuesta conocida.  | Identificación de patrones en los datos de sensores de humedad del suelo para determinar los periodos en los que es necesario regar los cultivos*.                       |
| Deep learning / Redes neuronales | Su estructura y funcionamiento están inspirados en las redes neuronales biológicas, mediante esta configuración procesan grandes cantidades de datos y encuentran patrones complejos entre ellos. | Análisis de imágenes satelitales de cultivos para la predicción de plagas y/o enfermedades*.   |
| Aprendizaje por refuerzo         | El algoritmo recibe retroalimentación del análisis de datos, conduciendo al usuario hacia el mejor resultado  | Enseñanza a sistemas de aplicación de fertilizantes o pesticidas para ajustar automáticamente los patrones de aplicación en función de diferentes variables ambientales. |

Nota: (\*) Estas aplicaciones son abordadas en las tecnologías de sistemas de riego inteligente y sistemas de alerta temprana, también descritas en el documento. Fuente: Liakos *et al.* [3].

#### A. Justificación

De acuerdo con una investigación desarrollada por la Universidad Autónoma de Chile en el sector frutícola la implementación de *machine learning* favorecería la eficiencia y productividad de los cultivos al mejorar la calidad de las cosechas. Estimaron que los precios de las frutas pueden variar hasta en un 500% entre una fruta de buena calidad y una de mala calidad, por esto la incorporación de nuevas tecnologías de alta precisión en los sistemas productivos del rubro facilitarían alcanzar las altas exigencias del mercado nacional. La investigación concluyó que el análisis de imágenes satelitales mediante inteligencia artificial mejoró la productividad, calidad y retorno económico específicamente en el cultivo de cerezas y arándanos en la región de Maule [4].

También se han registrado beneficios de la implementación de *machine learning* en la vitivinicultura mediante el uso de datos históricos de productividad y rendimiento de los cultivos, la integración de imágenes satelitales y de sensores de precisión que lograron identificar patrones climáticos, biológicos y nutricionales que al ser analizados bajo modelos predictivos mejoraron las cosechas en los fundos generando mayor retribución económica para los agricultores [5].

Además, la implementación de mejorar la eficiencia y productividad de los cultivos, la implementación de *machine learning* en Chile contribuiría en los siguientes aspectos:

- **Sostenibilidad ambiental:** Los modelos predictivos basados en el análisis de datos en tiempo real e históricos contribuyen a la optimización del uso de recursos necesarios para la producción agrícola como agua, energía, fertilizantes y pesticidas, reduciendo costos y minimizando impactos ambientales asociados [6].
- **Adaptación al cambio climático:** La variación de las condiciones hidrometeorológicas por el cambio climático, como el incremento de temperaturas y la variación de precipitaciones, favorecerían al crecimiento de plagas y enfermedades que afectarían la productividad de los

cultivos por cuenta de pérdidas totales o parciales de cosechas. De modo que, la integración de análisis de datos en tiempo real e históricos de datos meteorológicos contribuirían a reducir las pérdidas causadas por la aparición de plagas y enfermedades, adaptando los cultivos a las nuevas condiciones climáticas [5].

## **B. Avances de implementación**

Con respecto a los avances en la implementación de la tecnología en el sector a nivel nacional, el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA) desarrolló un proyecto de *machine learning* basada en redes neuronales artificiales y sensoramiento remoto satelital que analiza la respuesta de la vegetación frente a la falta de agua para hacer predicciones de sequía en diferentes horizontes de tiempo para las regiones de O'Higgins, Maule, Ñuble, Biobío y Araucanía. En este proyecto el sistema utiliza a la planta como "sensor" y a partir de su respuesta espectral, que es capturada por satélites de la NASA Terra y Aqua que proporcionan las imágenes del sensor MODIS, genera las predicciones de sequía agrícola para el cultivo [7].

También se ha identificado el desarrollo de *machine learning* para la detección de tipos y evolución de enfermedades en viñedos, como es el caso de la tecnología desarrollada por la empresa COREAL [8].

### **2.1.2. Análisis de barreras**

#### **2.1.2.1. Económicas y financieras**

##### **A. Altos costos de operación y mantenimiento por mal funcionamiento o generación de datos erróneos**

Al implementar tecnologías de *machine learning* pueden existir casos extremos en los que el sistema detecte anomalías y dé espacio al funcionamiento de este con datos erróneos, lo que podría significar costosas interrupciones o fallas mecánicas [40]. Sin embargo, resulta relevante evaluar si es que el costo asociado a las fallas de funcionamiento se ven compensadas por la reducción del costo resultado del incremento de la productividad por cuenta de la implementación de la tecnología.

#### **2.1.2.2. Institucionales, políticas y regulatorias**

##### **A. Falta de intervención y regulación institucional para la promoción de la tecnología**

A la fecha no se cuenta con una agenda de agricultura digital en Chile en donde se exponga la oferta de tecnologías disponibles para el sector como las *machine learning*, dado que esta información no es de conocimiento para muchos agricultores y otros potenciales demandantes de estas tecnologías y donde se promueva el aprovechamiento de oportunidades por parte de la agricultura familiar. Este esfuerzo requiere de la intervención y regulación de entidades estatales que favorezcan la consolidación de una mirada integradora de los servicios asociados a la agricultura 4.0 desarrollados por distintas empresas y microempresas [16].

#### **2.1.2.3. Técnicas y de capacidad**

##### **A. Limitaciones en la distribución de sensores y equipos complementarios**

Los modelos de *machine learning* pueden empezar a generarse sin un campo o tema en específico; sin embargo, cuando empiezan a especializarse surgen algunas limitaciones. Por ejemplo, al ser implementadas a nivel local en bancos o servicios de salud, requieren ser alimentados con información

privada lo que podría limitar su crecimiento. Para el caso del sector agrícola, los sistemas perimetrales implementados requieren de la instalación de sensores dispuestos en espacios físicos, quedando expuestos a factores meteorológicos como la humedad, lo que podría alterar su funcionamiento [40].

#### **B. Necesidad de grandes cantidades de datos para una óptima calibración**

La implementación de tecnologías de *machine learning* e inteligencia artificial requiere de la estimación de incertidumbre, lo cual se puede complicar en la práctica por cuenta de que la cantidad de datos y de usuarios puede generar ruido e incrementar la incertidumbre. Por ello, es necesario alimentar los sistemas con suficiente información sobre las posibles anomalías con el fin de calibrar las tasas de falsos positivos frente a falsos negativos [40].

De acuerdo con Kamilaris & Prenafeta-Boldú [41], el rendimiento de las redes neuronales artificiales requiere de grandes conjuntos de datos para garantizar su rendimiento, además su procesamiento y asimilación suele tomar mucho más tiempo que otras tecnologías utilizadas en el sector (ej. máquinas de vectores de soporte - SVM), lo que se traduce en largos tiempos de calibración y mantenimiento a manos únicamente de expertos y que además puede resultar en esfuerzos de altos costos.

#### **C. Baja cobertura de acceso y conectividad a internet en zonas rurales**

La implementación de las *machine learning* requieren de conexión a banda ancha necesaria para la descarga e intercambio de datos disponibles en la nube [42], por lo que resulta imprescindible contar con una amplia cobertura de acceso y conectividad a internet en las zonas rurales del país. De acuerdo con Roberts & Weidenlaufer [43], para 2020 la cobertura de internet en las zonas rurales del país alcanzó el 57,9%, lo que evidencia la necesidad de ampliación del servicio para favorecer la correcta implementación de la tecnología.

### **2.1.2.4. Sociales, informativas y de concientización**

#### **A. Limitaciones por incompatibilidad de sistemas operativos**

Podrían existir limitaciones en el acceso a algunas aplicaciones de *machine learning* desarrolladas debido a posibles incompatibilidades de los sistemas operativos de los dispositivos de los usuarios para ejecutar la aplicación. Por ejemplo, de acuerdo con Silva *et al.* (2022) [44], la tecnología de *machine learning* utilizada en el estudio para la identificación y prevención de enfermedades en un cultivo de café requería como mínimo de un sistema operativo Android 7.0 para su funcionamiento, situación que podría dificultar y desincentivar la difusión de esta tecnología en la población rural. Especialmente, si algunas comunidades rurales tienen dificultades de acceso a ciertas tecnologías.

### **2.1.3. Recomendaciones para levantar las barreras**

A continuación, se presentan el análisis de causa – efecto y las recomendaciones para cada una de las tecnologías y las condiciones habilitantes para el sector. Dicho análisis se elaboró en base a la identificación y validación de las barreras existentes en el sector y en sus tecnologías analizadas a través de un diagrama de causa – efecto que reúne las principales barreras clasificadas de acuerdo con su nivel de prioridad (poco esenciales, importantes o críticas) definidas con los miembros del grupo técnico del sector silvoagropecuario. Estos diagramas permitieron proponer un conjunto de medidas que permitirá superar las barreras bases importantes y críticas, a partir de una traducción de las

barreras en soluciones. Las medidas identificadas serán abordadas en detalle en el Plan de Acción Tecnológico, documento que será elaborado más adelante durante la consultoría.

En el análisis de causa-efecto para la tecnología de machine learning (ver Figura 5) se identificó que como efecto de las barreras y brechas no existe una confiabilidad de información para la elaboración de un sistema de información agroclimática. Este efecto se produciría como consecuencia de datos insuficientes para el entrenamiento de este tipo de tecnologías y la falta de garantía que asegure una adecuada descarga e intercambio de datos de la nube, así como de la precisión de los datos para el uso de la tecnología. Estas brechas y barreras son resumidas en 5 proposiciones presentadas en la Tabla 1 junto a su traducción en soluciones.

**Tabla 1. Recomendaciones para la tecnología de machine learning**

| Barreras identificadas  | Nivel de prioridad | Potencial medida   |
|---|--------------------|--|
| B1. Falta de priorización o interés para la inserción de estas tecnologías (a diferencia de otras prioridades) en el sector | Importante         | M1. Articulación de diferentes instituciones del sector para la evaluación de priorización de la tecnología Machine Learning |
| B2. Altos costos de inversión y mantenimiento de la tecnología  | Importante         | M2. Fomento del cofinanciamiento para la implementación, operación y mantenimiento de la tecnología                          |

Fuente: Elaboración propia.

## 2.2. Tecnología 2. Sistema de Irrigación Inteligente (SII) para la agricultura rural

### 2.2.1. Descripción de la tecnología

El sistema de irrigación inteligente es un sistema mecanizado y automatizado con la función de optimizar el uso del agua en la agricultura. El sistema funciona con datos en tiempo real obtenidos a través de un monitoreo constante, cuyas variables de medición incluyen la temperatura del aire, la precipitación y la humedad del suelo, entre otros, a partir de las cuales genera recomendaciones basadas en algoritmos predictivos, para la administración del recurso hídrico, minimizando el desperdicio y maximizando su eficiencia [9], [10].

En la Figura 2 se presentan los componentes mínimos requeridos para el funcionamiento de un sistema de irrigación inteligente.

Figura 2. Componentes de un sistema de irrigación inteligente



Fuente: Novagric [11].

## A. Justificación

A pesar de que las tecnologías de riego han estado presentes en Chile durante más de una década, la escasez hídrica que ha afectado al país a lo largo de los últimos 10 años [3] ha resaltado la urgencia de acelerar la transformación tecnológica en el sector agrícola con el propósito de contrarrestar los efectos negativos asociados al cambio climático en la productividad de los cultivos y en la seguridad alimentaria.

Algunas regiones como Coquimbo y Aconcagua han experimentado un aumento en la inversión de las tecnologías de riego inteligente, sin embargo, aún existen desafíos para la implementación de dichas tecnologías. Estos desafíos necesitan ser identificados y abordados de manera efectiva para impulsar un mayor desarrollo de proyectos de irrigación inteligente en todo el territorio nacional [4].

Además de mitigar los impactos generados por la escasez hídrica que atraviesa el país, la implementación de los sistemas de riego inteligente en Chile contribuiría en los siguientes aspectos:

- **Adaptación al cambio climático:** De acuerdo con la NDC, uno de los ámbitos de especial urgencia para contribuir a la resiliencia del país es la gestión del agua con especial enfoque a escala de cuencas [12]. Por lo anterior, la implementación de sistemas de riego inteligentes contribuirá a reducir la vulnerabilidad de los sistemas productivos agrícolas frente a las variaciones climáticas proyectadas en los próximos años y sus impactos como estrés hídrico en cultivos, pérdida parcial o total de tierras agrícolas, pérdidas económicas de los ingresos percibidos por agricultores, entre otros; además que favorecen a la gestión del recurso por parte de los agricultores [13].

- **Sostenibilidad ambiental:** Como se ha mencionado, la implementación de la tecnología favorecería la reducción del consumo de agua en el sector por cuenta de la aplicación precisa y controlada del riego. Además, reduciría consumos energéticos asociados al transporte de agua y bombeo, al ofrecer soluciones óptimas para solucionar estas necesidades, gracias al monitoreo de las diferentes variables tanto climáticas como del terreno de cultivo [14]. La eficiencia en el uso del agua puede resultar en un ahorro que oscila entre el 30% al 70%, mientras que la reducción en el consumo de energía puede variar entre el 20% al 30% [15].
- **Productividad de los cultivos:** Las recomendaciones generadas por la tecnología a partir del uso de datos en tiempo real permitirá a los agricultores tomar decisiones informadas y precisas para cada uno de sus cultivos, lo que favorecerá la productividad de estos, impulsando además el crecimiento económico del sector [10].

## B. Avances de implementación

A nivel nacional se registra un mayor avance de la tecnología con respecto a las otras tecnologías priorizadas para el sector. No obstante, aún no logra consolidarse en todos los rubros agrícolas, siendo la frutícola en el rubro que mejor se ha adaptado y donde más se ha difundido la tecnología [16]. Por ejemplo, en O'Higgins, 40 productores de paltas implementaron un paquete tecnológico que incluía un sistema de riego inteligente, tecnología con la cual lograron evidenciar cerca de un 69% de ahorro en el uso de agua de riego.

Además, existen empresas chilenas que han desarrollado softwares de sistemas de irrigación que se comercializan a nivel nacional e internacional como los que ofrecen las empresas WiseConn [17], Tafyesa Chile [18] o el paquete tecnológico de UChileCrea [19].

### 2.2.2. Análisis de barreras

#### 2.2.2.1. Económicas y financieras

La viabilidad de adoptar sistemas de riego inteligente puede estar influenciada por la disponibilidad de financiamiento, lo cual está estrechamente ligado a la capacidad de los agricultores para acceder a los créditos agrícolas ofrecidos en el sector. La implementación de estos sistemas conlleva costos variables según el tamaño del terreno cultivado, el tipo de cultivo y los componentes requeridos. Ejemplos prácticos revelan que los gastos oscilan entre USD \$2,660 para parcelas de hasta 50 hectáreas [9], hasta alrededor de USD \$130,000 [45].

A pesar de la existencia de diversas opciones de crédito agrícola, como el proporcionado por Banco Estado [46], la asignación de fondos suele depender de la solvencia del agricultor y del tipo de cultivo en el que se planea emplear la tecnología. Esta condicionalidad puede transformarse en una barrera para los agricultores, ya que determina si pueden o no acceder al financiamiento necesario en función de sus circunstancias individuales.

#### 2.2.2.2. Institucionales, políticas y regulatorias

##### A. Falta de gobernanza hídrica a nivel cuenca

A la fecha se evidencian avances en la medición de la cantidad y calidad del recurso por parte de la Dirección General de Aguas (DGA) [6]. No obstante, aún no se han consolidado los Consejos de Cuenca en todas las cuencas del país, quienes serán la autoridad que realice las correspondientes acciones de

gestión del agua con el fin de garantizar la seguridad hídrica en cada una de las unidades hidrográficas, de acuerdo con lo formulado en la Ley Marco de Cambio Climático y en la última actualización del Código de Aguas [47][48].

### **2.2.2.3. Técnicas y de capacidad**

#### **A. Requerimientos de conectividad estable a internet**

Aunque las aplicaciones desarrolladas para el manejo de sistemas de riego inteligente pueden ser ejecutadas desde dispositivos móviles, se requiere de una conectividad estable a internet además de contar con un buen ancho de banda que favorezca la constante descarga e intercambio de datos de la nube. De no ser así, podrían existir imprecisión en los datos devueltos y disminuir la cobertura y alcance del sistema [49].

### **2.2.2.4. Socio culturales, informativas y de concientización**

#### **A. Ausencia de cultura de riego**

Ausencia de una “cultura de riego” que permita hacer frente la escasez hídrica que ya se evidencia a nivel nacional por cuenta de la disminución y retraso de las precipitaciones durante los últimos años. Esto se manifiesta a través de la escasa experiencia y falta de entrenamiento de los productores agrícolas, así como en la falta de profesionales capacitados e idóneos que faciliten, entre otros aspectos, la implementación de proyectos de riego [28].

#### **B. Resistencia a la transformación tecnológica**

En Chile, se han documentado sectores productivos como la fruticultura, donde los productores prefieren aprovechar la mano de obra disponible para las labores agrícolas, en lugar de implementar tecnologías que automaticen el riego como los sistemas de irrigación inteligente, situación que ha retrasado la automatización en la fruticultura en Chile, comparándola con otros países [16].

### **2.2.2.5. Ambientales**

#### **A. Sobreexplotación del recurso hídrico por inadecuada gestión de cuencas**

Aunque la tecnología de sistemas de riego inteligente busca mejorar la eficiencia en el uso del agua para riego, es importante reconocer que su implementación sola no garantiza automáticamente una disminución del consumo de agua. En algunos casos, la adopción de esta tecnología podría llevar a un aumento en la demanda de agua debido a factores como una mayor facilidad de acceso o la creación de nuevas oportunidades de cultivo. Esta situación podría tener un impacto en la disponibilidad de agua en las cuencas, especialmente cuando se consideran las necesidades específicas de riego de los diferentes cultivos.

Además, debido a la falta de una entidad responsable de supervisar y gestionar el recurso hídrico a nivel de cuenca en Chile en la actualidad, existe el riesgo potencial de que esta situación contribuya a la sobreexplotación y agotamiento del recurso, lo que también podría afectar negativamente el acceso de otros usuarios en la misma cuenca. Por lo tanto, es fundamental entender que lograr una eficiencia real en el uso del agua requiere no solo avances tecnológicos, sino también una gobernanza efectiva del recurso a nivel administrativo en la cuenca [47].

### 2.2.3. Recomendaciones para levantar las barreras

En el análisis de causa-efecto para la tecnología (ver Figura 6) se identificó que como efecto de las barreras y brechas existentes se generaría una sobreexplotación del recurso hídrico por la falta de sistemas de información agroclimática sobre el uso inteligente de este recurso en la agricultura pequeña y familiar. Este efecto se produciría debido a la escasa información existente sobre la disponibilidad hídrica en cuencas, la resistencia a la transformación tecnológica y la carente cultura de riego. Estas brechas y barreras son causadas por 5 proposiciones que fueron convertidas en soluciones en la Tabla 2.

**Tabla 2. Recomendaciones para la tecnología de sistema de irrigación inteligente para la agricultura rural**

| Barreras identificadas   | Nivel de prioridad | Potencial medida  |
|--|--------------------|---|
| B1.1 Altos costos de inversión de la tecnología para la obtención de sensores y dispositivos específicos para el sistema de irrigación inteligente<br><br>B1.2. Pocos mecanismos de financiamiento (subsídios, garantías, leasing, otros) para el sector agrícola (ej. la tecnificación del riego) | Crítica            | A1. Promover y fortalecer los mecanismos de financiamiento para la implementación de sistemas de irrigación inteligente       |
| B2. Falta de un lenguaje sencillo entendible para tomadores de decisiones y agricultores y agricultoras rurales  | Crítica            | M2. Generación de recomendaciones en un lenguaje sencillo que brinde acciones de respuesta                                    |
| B3. Escasa concientización sobre la escasez hídrica  | Crítica            | M3. Desarrollo de programas de difusión y sensibilización sobre los impactos del cambio climático y necesidades de adaptación |

Fuente: Elaboración propia.

## 2.3. Tecnología 3. Sistema de Alertas Tempranas (SAT) para eventos extremos que afectan la productividad silvoagropecuaria

### 2.3.1. Descripción de la tecnología

Un sistema de alertas tempranas es un sistema integrado que permite a la población, saber cuándo se avecinan eventos climáticos extremos como sequías, marejadas, incendios forestales, heladas, entre otros, e informa a los tomadores de decisiones y comunidades cómo actuar para minimizar los impactos que puedan generarse. Los SAT son una medida eficaz y viable de adaptación al cambio climático, que además de salvar vidas puede mitigar otros impactos como las pérdidas económicas y el incremento de desigualdades por cuenta de la ocurrencia de eventos extremos [20].

A continuación, se mencionan los pilares principales que funcionan como condiciones habilitantes para garantizar la eficacia de los SAT. Estos componentes requieren de esfuerzos políticos, financieros y técnicos para su adecuada ejecución. Además, de acuerdo con el IPCC, El IPCC los sistemas de alerta temprana en conjunto con servicios climáticos y actividades de gestión del riesgo de desastres potencian los beneficios de otras medidas de adaptación. [20]

**Figura 3. Pilares del ciclo de valor de los Sistemas de Alertas Tempranas**



Fuente: Elaboración propia en base a la Organización Meteorológica Mundial [20]

Con respecto al montaje de estos sistemas se requiere de la instalación de cámaras de monitoreo, torres de comunicaciones, uso de vehículos aéreos no tripulados con sensores ópticos y sistemas de detección remota, como imágenes satelitales, para la recopilación y generación de datos útiles para la prevención, monitoreo y alerta temprana de incendios forestales, sequías, heladas y otros eventos extremos.

#### A. Justificación

La implementación de sistemas de alerta temprana se alinea con el eje de acción de adaptación de los sistemas humanos del país incluido en el Plan de Acción Nacional de Cambio Climático, en el que existen metas enfocadas en la generación, análisis y actualización de la información climática.

De acuerdo con lo conversado en los grupos de trabajo sectoriales, aunque ya existe una red robusta de estaciones meteorológicas en el país, es necesario fortalecer la información monitoreada por la red con otras variables que a la fecha no se monitorean y resultan relevantes para la prevención de los impactos asociados a eventos climáticos sobre el sector agrícola. Por ello, se mencionó la importancia de fortalecer sistemas de alertas tempranas enfocados en el ámbito fitosanitario e incendios forestales.

Para inicios del año 2023 entre el 1 de febrero y el 3 de marzo, se presentaron incendios forestales en las regiones de Maule, Ñuble, Biobío, la Araucanía y Los Ríos, afectando cerca de 231.914 hectáreas, siendo Biobío y la Araucanía las más afectadas con un 80% de la superficie dañada. Los incendios afectaron un total de 5.960 hectáreas agrícolas en las regiones mencionadas con especiales pérdidas en plantaciones forestales, cultivos de especies forrajeras y cultivos frutales. En base a las estimaciones realizadas por el Ministerio de Hacienda, las pérdidas económicas para la actividad agropecuaria fueron de 18.133 millones de pesos (USD 22,7 millones) [21].

En vista de la magnitud de los daños ocasionados por eventos de incendios forestales, en el país se han adelantado múltiples esfuerzos para la gestión de dichos eventos, sin embargo, es necesario fortalecer la cobertura de las nuevas tecnologías implementadas para la detección de incendios por todo el territorio nacional, así como su articulación con otras tecnologías desarrolladas para la prevención y pronóstico de estos eventos, con el fin de consolidar un robusto y eficaz sistema de alertas

tempranas. Por ejemplo, a inicios del 2023 en la región Metropolitana se instaló un sistema de detección temprana de incendios basado en sensores ópticos para detectar humo en un área de 125.000 ha, permitiendo localizar incendios en un radio de 20 km en su etapa inicial [22]. Por su parte, la Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) cuenta con una aplicación en la que se dispone de información en tiempo real sobre el monitoreo de puntos de calor donde pueden presentarse incendios, tecnología que se basa en la detección de actividad térmica del instrumento satelital “Radiómetro de Imágenes en el Infrarrojo Visible (VIIRS)” de la NASA [23].

Por otro lado, con respecto a la propagación de plagas que afectan los cultivos agrícolas, el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) cuenta con un programa de vigilancia que tiene como objetivo conocer la distribución de las plagas en el país para determinar medidas fitosanitarias que reduzcan las pérdidas de cultivos. Sin embargo, en vista de que el cambio climático favorecerá la llegada y desarrollo de nuevas plagas, se ha mencionado la necesidad de generar mecanismos para obtener información sobre este fenómeno, que permita informar a los agricultores de manera oportuna sobre el comportamiento y posibles impactos de las nuevas plagas, desarrollando las medidas necesarias para prevenir los impactos [24].

Por ejemplo, de acuerdo con la Fundación para la Innovación Agraria, se destaca en el sector una plaga de reciente ingreso *Drosophila suzukii* que ha afectado cultivos frutales como frutillas, arándanos, frambuesas, moras y cerezas entre las regiones Metropolitana y Los Lagos, afectando a la fecha a un total de 1.600 productores por pérdidas parciales de estos cultivos [25].

El panorama anterior evidencia que la implementación de SAT enfocados en incendios forestales y detección de plagas contribuiría a reducir las pérdidas de cultivos en rubros importantes para la economía nacional como las especies forrajeras y frutales, al detectar la ocurrencia de dichos eventos en sus primeras etapas facilitando la respuesta rápida y efectiva ante ellos.

## **B. Avances de implementación**

De acuerdo con el Centro de Investigación para la Gestión Integrada del Riesgo de Desastres (CIDIGEN) el grado de avance en la preparación y reducción de impactos asociados a amenazas de origen hidrometeorológicas, como inundaciones y aluviones, es bastante reducido a nivel nacional, si se compara con la preparación a otros eventos naturales como sismos y terremotos. Además, enfatiza que la gestión que se ha dado frente a estas amenazas se ha enfocado en respuestas tempranas, es decir, las acciones que se toman ocurren en la fase de emergencia y no de prevención. Por lo que, es necesario avanzar hacia un enfoque de alertas tempranas en el que, a partir de los datos levantados por sistemas de monitoreo, se pronostique con mayor precisión la ocurrencia y magnitud de las amenazas hidrometeorológicas en el territorio [26]. Adicionalmente, el CIDIGEN reporta algunos avances del país en relación con los SAT:

- El Servicio Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres (SENAPRED), cuenta con un Centro de Alerta Temprana que monitorea distintas variables de amenazas que puedan generar desastres en el país. A partir de la información monitoreada es posible emitir una alerta o estado de vigilancia, permitiendo gestionar y movilizar los recursos necesarios para la mitigación de los impactos asociados al evento extremo. Sin embargo, existen grandes extensiones de Chile que no cuentan con estaciones de monitoreo, como la Isla de Pascua, algunas zonas alejadas de la Patagonia Chilena y ciertas zonas de la cordillera de los Andes

lo que impide el seguimiento de las variables hidrometeorológicas con alta precisión en estos lugares [26].

- La Dirección General de Aguas (DGA), cuenta con una robusta red de estaciones hidrometeorológicas y de monitoreo de caudales y sedimentos, pero los registros no están orientados a la prevención de eventos de aluviones o inundaciones, sino a la cuantificación del recurso hídrico del país [26].

Como se evidencia, la implementación de las tecnologías priorizadas para dar frente al desafío de acceso a la información agroclimática en el sector silvoagropecuario aún es limitada a pesar de que, en los últimos años se han concretado proyectos como los mencionados anteriormente y se cuentan programas y proyectos que impulsan la innovación en el sector.

Se destaca el Programa de Agricultura Digital del INIA que fomenta a nivel nacional el uso de nuevas tecnologías digitales y el modelamiento e inteligencia artificial para impulsar el desarrollo del sector. El programa cuenta con cuatro líneas de trabajo: climatología, *remote sensing*, *data analytics* y sensoramiento y mecanización mediante las cuales se trabaja en el desarrollo de proyectos enfocados en la mitigación de los impactos del cambio climático sobre el sector [27]. Además, son destacables los esfuerzos de la academia, como la Universidad de Chile, con su aporte a la innovación del sector desde el Departamento de Producción Agrícola generando paquetes tecnológicos especializados en el riego inteligente de cultivos [19].

## 2.3.2. Análisis de barreras

### 2.3.2.1. Económicas y financieras

#### A. Altos costos de inversión y falta de mecanismos de financiamiento

Se estima que el valor del CAPEX de un sistema de alerta temprana puede variar entre 1 millón y 2 millones de dólares por millón de hectáreas [50][51]. Estos altos costos de inversión representan una potencial barrera para la implementación de la tecnología a nivel nacional puesto que a la fecha no existen esfuerzos contundentes por comprometer financiamiento para el desarrollo de los sistemas de monitoreo y alertas tempranas, su implementación y su mantenimiento [26].

#### B. Destinación de fondos públicos al combate de incendios y no a la prevención

De acuerdo con investigaciones de la Universidad de Chile, el presupuesto destinado a programas de gestión de incendios ha aumentado en los últimos años, pasando de menos de 10.000 millones en 2009 a cerca de 32.000 millones en 2018. Sin embargo, cerca del 75% del presupuesto se destina al combate de incendios y el porcentaje restante a su prevención. Aunque el combate de incendios es importante para evitar que estos eventos alcancen grandes dimensiones, dadas las condiciones climáticas de Chile y la alta disponibilidad de material combustible en el territorio asociado a las extensas coberturas de plantaciones forestales de pino y eucalipto, los esfuerzos deberían estar concentrados en su mayoría, en la prevención para garantizar mejores resultados en la gestión de incendios forestales y mitigar las pérdidas asociadas [52].

### 2.3.2.2. Institucionales, políticas y regulatorias

#### A. Falta de incentivo para el robustecimiento de la Red Nacional de información climática y meteorológica

Aunque la Red Agroclimática Nacional (RAN) es considerada por diferentes actores como una buena iniciativa de coordinación público-privada, pero la geografía del país propicia la existencia de muchos microclimas, por lo que la información que genera dicha red es insuficiente para realizar interpolaciones confiables. Por lo anterior, es necesaria la implementación de más estaciones automáticas que alimenten la red o el desarrollo de redes locales, que favorezcan la precisión de la información. Sin embargo, no se identifican política o campañas que incentiven esto [16].

#### **B. Baja articulación interinstitucional en materia de prevención**

Para garantizar el efectivo funcionamiento de la cadena de valor de los sistemas de alertas tempranas es trascendental la coordinación y articulación entre múltiples instituciones con el fin de garantizar que las respuestas generadas a partir de las alertas emitidas permitan obtener los resultados esperados, es decir, la reducción de las pérdidas y daños ocasionados por eventos extremos [20].

Para el caso de Chile, se ha documentado que existe una insuficiente integración de roles y capacidades en materia de prevención de eventos extremos en las autoridades locales a cargo de los municipios, los gobiernos regionales y otras instituciones competentes. Esto como consecuencia de los limitados recursos humanos y financieros requeridos para ejecutar de manera óptima las labores relacionadas a la prevención [52].

### **2.3.2.3. Técnicas y de capacidad**

#### **A. Falta de canales de difusión de la información climática recopilada**

De acuerdo con el Banco Mundial, de no existir canales eficientes y robustos de difusión y comunicación, la información recopilada por los sistemas de alertas tempranas no llegaría a los tomadores de decisiones ni a las personas en riesgo, dificultando las posibles respuestas que se puedan dar para mitigar el daño sobre el medio de vida agrícola [53].

#### **B. Necesidad de especialización y expertise para el entendimiento y análisis de resultados de los sistemas**

Los resultados arrojados por los sistemas de alertas tempranas (SAT) deben ser de fácil entendimiento para los agricultores, de lo contrario podría generar confusión, afectando la posibilidad de respuestas ante eventos climáticos. Esta situación ha sido evidenciada en la implementación de otros SAT, por ejemplo, en el caso del SAT de sequías establecido en la cuenca del río Missouri, donde mediante evaluaciones y trabajo grupal con los pobladores se evaluaban los resultados del SAT, para los que se obtuvieron comentarios de una común confusión por parte de los asistentes [54].

### **2.3.3. Recomendaciones para levantar barreras**

En el análisis de causa-efecto para la tecnología de sistemas de alerta temprana para la agricultura de pequeña escala (ver Figura 7) se identificó que existe una baja capacidad de respuesta ante eventos extremos por los limitados sistemas de información agroclimática existentes. El efecto se produce como consecuencia del lento robustecimiento de los sistemas SAT de acceso público y una limitada comprensión de los protocolos de acción ante una alerta temprana por parte del usuario. Estas causas son resumidas en 5 barreras y/o brechas presentadas en la Tabla 3 junto a su traducción en soluciones.

**Tabla 3. Recomendaciones para el SAT para eventos extremos que afectan la productividad silvoagropecuaria**

| Barreras / brechas identificadas  | Nivel de prioridad | Potencial medida  |
|---|--------------------|---|
| B1.1 Bajo financiamiento para extender los SAT existentes en las zonas cordilleranas y extremos           | Crítica            | M1.1 Fortalecimiento del financiamiento para la extensión de SAT existentes en los diferentes territorios   |
| B1.2. Altos costos en la operación de las SAT y de la actualización de la información a tiempo real       |                    | M1.2. Fortalecimiento del acceso al financiamiento para la operación de las SAT y su actualización de información a tiempo real   |
| B2. Falta de alertas y recomendaciones específicas hacia el agricultor y agricultora, ganadero y ganadera | Importante         | M2. Generación de recomendaciones en un lenguaje sencillo que brinde acciones preventivas y específicas   |
| B3. Personal no capacitado en traducir la información técnica en un lenguaje sencillo                     | Crítica            | M3. Capacitación de personal encargado de los reportes del SAT para brindar información en un lenguaje sencillo   |
| B4. Escasez de canales eficientes de difusión de la información generada por los SAT                      | Importante         | M4. Elaboración de una estrategia de difusión eficiente de las alertas generadas a los silvoagropecuarios rurales, por ejemplo, a través de radio o difusión mediante las redes de telefonía. |

Fuente: Elaboración propia.

## 2.4. Análisis sectorial

### 2.4.1. Análisis de barreras

#### 2.4.1.1. Económicas Financieras

##### A. Carencia de fondos públicos y apoyo financiero para la tecnificación del sector

Si bien se reconoce la existencia de créditos que brindan recursos a pequeños productores como el ofrecido por BancoEstado, estos resultan insuficientes para la implementación de tecnología en la producción y sólo alcanzan para financiar pequeños proyectos que no permiten a los productores un avance tecnológico significativo [28].

Actualmente persisten barreras en el acceso a la información y a los mecanismos de evaluación que permitan, por una parte, facilitar la postulación a las líneas de crédito, y por otra, monitorear los resultados alcanzados con la utilización de los recursos asignados [28].

#### 2.4.1.2. Institucionales, políticas y regulatorias

##### A. Baja integración público-privada

Se ha identificado una baja disponibilidad de mecanismos de transferencia tecnológica, así como pocas alianzas del sector público con centros de investigación y universidades, lo que ha dificultado la implementación de nuevas tecnologías en la agricultura y ganadería rural, así como el desarrollo de estudios para dicho fin [28].

##### B. Claridad de roles de las instituciones

Existe una falta de claridad de quienes son los actores que deben liderar la transformación del sector hacia la automatización y las nuevas tecnologías digitales, lo que ha conllevado a un retraso en la innovación y desarrollo del sector [16].

### 2.4.1.3. Técnicas y de capacidad

#### A. Bajos niveles de especialización y capacitación en la población trabajadora del sector

Existen bajas competencias laborales en el sector, en parte por cuenta del envejecimiento de la mano de obra y por la baja disposición a capacitarse e incorporar nuevas tecnologías para la producción. Adicionalmente, se ha identificado una falta de ofertas de especialización a nivel nacional en temáticas del sector agrícola [28].

Aunque los sistemas de información agroclimática de acceso público tienen una gran cantidad de datos disponibles para descargar, en muchas ocasiones esta información no resulta útil para los agricultores y usuarios rurales finales. Esto se debe a que generalmente consiste en datos meteorológicos muy básicos que requieren de un análisis técnico realizado por expertos para poder formular recomendaciones útiles para los productores. En otras palabras, los agricultores no pueden aprovechar directamente la información disponible debido a su complejidad, necesitando la interpretación de expertos para convertirla en recomendaciones prácticas [13].

### 2.4.1.4. Socio culturales, informativas y de concientización

#### A. Envejecimiento de la mano de obra

A nivel nacional se ha registrado un envejecimiento de la fuerza de trabajo en el sector debido a que los jóvenes no tienen incentivo alguno para trabajar en la actividad agrícola y muchas veces prefieren migrar a las ciudades. Debido al impacto de la migración campo-ciudad en el territorio, esta dinámica y sus efectos sobre el sector, es objeto de análisis de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA). En sus publicaciones sobre “Desafíos en el mercado laboral para el desarrollo de la agricultura chilena” con actualizaciones para los años 2016 [29], 2018 [30] y 2022 [31] han evidenciado cambios significativos en la estructura de la población agrícola abruptos en cortos periodos de tiempo.

#### B. Pérdida de empleo por automatización y digitalización de labores agrícolas

Es importante destacar que, en un futuro próximo, la implementación de tecnologías de Machine Learning y otras innovaciones relacionadas con la agricultura 4.0<sup>1</sup> podría plantear un riesgo significativo. Este riesgo radica en la posible pérdida de empleos locales debido a la digitalización y automatización de diversas tareas agrícolas. Estas labores, que normalmente son desempeñadas por trabajadores con niveles de cualificación más bajos, podrían transformarse en responsabilidades centralizadas en un solo trabajador altamente capacitado que maneje máquinas o tecnologías avanzadas. Esta situación, si bien aún no es inminente, podría generar desafíos en la adopción y

---

<sup>1</sup> A lo largo de la historia, la agricultura ha experimentado distintas etapas de desarrollo tecnológico. Inicialmente, se identifica la Agricultura 1.0 caracterizada por el uso del arado; posteriormente, la Agricultura 2.0 surgió con la revolución industrial e introdujo la mecanización agrícola; la Agricultura 3.0 abarcó la agricultura de precisión y el inicio del uso de asesoramiento e inteligencia en máquinas; y finalmente, la Agricultura 4.0 representa la revolución impulsada por la inteligencia artificial y el big data en busca de lograr un avance significativo en la tecnología agrícola a gran escala [55].

difusión de la tecnología, especialmente debido a su impacto potencial en los modelos económicos tradicionales, como la agricultura familiar en Chile [32].

### **C. Problema de seguridad en el manejo de datos e información**

Las tecnologías asociadas la agricultura 4.0 como las *machine learning* y los sistemas de irrigación inteligentes están expuestas a problemas de seguridad del manejo de datos como los ciberataques, donde pueden verse expuestos el control de acceso, la gestión, el almacenamiento de la información y la integridad de los datos, lo que para algunos usuarios podría no ser relevante, sin embargo, para otros puede existir una percepción de baja fiabilidad de las tecnologías puesto que algunos ciberataques pues podrían afectar directamente sobre su productividad y competitividad [33].

### **D. Implementación de tecnologías ambientales sin participación comunitaria ampliará las brechas digitales entre las poblaciones urbanas y rural**

La población rural tiene una menor probabilidad de uso y apropiación de las TIC, debido a su falta de acceso infraestructural, económico y educativo. En un primer momento, desde la enseñanza básica los estudiantes chilenos carecen de los medios para utilizar las TIC. Esto se evidencia en la diferencia en la tasa de estudiantes con acceso a internet en zonas urbanas y rurales, donde para la primera el 99% de estudiantes cuentan con acceso a redes WIFI, mientras que en zonas rurales el 83% de estudiantes tienen acceso [34].

En una segunda instancia, existe una relación positiva entre la probabilidad de uso de las TIC y el nivel educativo [35], debido a que el 64% de los chilenos y chilenas con educación superior acceden a internet en comparación al 1% de estos con enseñanza básica [36]. Para el año 2015, el 53% de la población rural solo tenía un nivel máximo de enseñanza básica de escolaridad [28]. De esta manera se tiene una población con menores recursos monetarios y académicos para acceder y utilizar tecnologías.

## **2.4.1.5. Género**

### **A. Estereotipos de género limitan uso y apropiación tecnológica por parte de las mujeres en zonas rurales**

Según Romero (2018), las mujeres han internalizado el estereotipo de que poseen mentes “no técnicas” o capacidades más pobres para los estudios en tecnología. De manera que han desarrollado un miedo a arruinar la tecnología y un latente sentimiento de culpa por los posibles costos de reparación. Esto se agrava aún más en zonas rurales donde predominan roles de género tradicionales donde la mujer es limitada al cuidado del hogar [37].

Además, a partir del estereotipo de que la agricultura requiere siempre de fuerza física, se ha considerado que el papel de la mujer es “leve” y debe limitarse al cuidado del hogar [38]. Por lo tanto, su participación en los espacios de toma de decisiones comunitarias y locales ha sido relegado. Esto lleva a que sus modos de vida y perspectivas sean dejadas de lado por las iniciativas gubernamentales, al no ser actores relevantes en el sector.

Por otro lado, las brechas económicas y educativas entre la población urbana y rural aumentan con la variable de género. Según la División de Estudios y Capacitación en Género del Ministerio de la Mujer y la Equidad de Género, las mujeres rurales en situación de pobreza llegaron al 23,1% para el año 2015, en pobreza extrema al 7,3% y en pobreza multidimensional al 30,1%; todas superiores al porcentaje masculino [38]. Sumado a ello, entre las mujeres del sector agrícola, un 58,1% no posee

finalizada su educación media [39]. Esto limitaría sus posibilidades de tener acceso a internet y en consecuencia su capacidad de apropiarse del uso de tecnologías. Por ello, un 25,7% de las mujeres que residen en zonas rurales no posee conexión a internet, es decir, 1 de cada 4 mujeres rurales no posee conexión propia a internet [39].

## 2.4.2. Condiciones habilitantes del sector

Adicionalmente a la propuesta de medidas que responden a cada una de las tecnologías prioritarias, se analizaron las barreras/brechas a nivel sectorial relacionadas al desafío de información agroclimática. Dicho análisis permitió evidenciar que existen retrasos en el proceso de innovación tecnológica para el manejo de la información agroclimática en el sector silvoagropecuario rural. Esta problemática se da como consecuencia del limitado acceso a recursos financieros, tecnológicos y conocimientos especializados en la agricultura rural, la ausencia de promoción del desarrollo tecnológico en el sector, la baja productividad y competitividad por el desconocimiento de las nuevas tecnologías y el envejecimiento de la mano de obra, además del limitado uso y apropiación de tecnologías por parte de las mujeres en zonas rurales.

Para ello se proponen medidas que serán transversales al desarrollo tecnológico, las cuales responden a 7 carencias identificadas como raíz de las problemáticas existente, como se observa en la Tabla 4.

**Tabla 4. Recomendaciones transversales al sector**

| Barreras identificadas   | Nivel de prioridad | Medidas propuestas  |
|--|--------------------|---|
| B1. Escasas alianzas entre el sector público, centros de investigación/ universidades y empresas enfocadas en la innovación en el sector   | Crucial            | M1. Articulación de diferentes instituciones que fortalezcan alianzas estratégicas enfocadas en la innovación del sector agrícola rural   |
| B2.1 Los apoyos económicos existentes solo cubren pequeños montos monetarios que no favorecen una tecnificación significativa  | Importante         | M2.1 Fortalecimiento del financiamiento a la agricultura rural que favorezca la tecnificación y aplicación de las tecnologías   |
| B2.2 Existe desinformación sobre el acceso y postulación a líneas de crédito en el sector  |                    | M2.2 Divulgación de líneas de créditos para la agricultura rural y transparencia de su aplicación   |
| B3.1. Desconocimiento en el uso de nuevas tecnologías de automatización y digitalización de labores agrícolas  | Importante         | M3. Elaboración de una estrategia de entendimiento y uso de la tecnología mediante materiales difusivos y capacitaciones técnicas   |
| B3.2 Bajos niveles de especialización y capacitación en la población trabajadora rural del sector  |                    |   |
| B4. Baja oferta de especialización en temáticas del sector agrícola  | Importante         | M4. Fomento de capacitaciones mediante cursos, carreras técnicas o profesionales que permitan al sector   |
| B5. Estereotipos que limitan a la mujer a las actividades del hogar, al involucramiento y participación en tomas de decisiones, a su formación técnica y/o profesional y al uso de tecnologías | Importante         | M5. Aplicación de enfoque de género en la implementación de las tecnologías que asegure el involucramiento y participación de las mujeres, consideración de las necesidades, expectativas de las mujeres en el uso y apropiación de las tecnologías |

| <b>Barreras identificadas</b>   | <b>Nivel de prioridad</b> | <b>Medidas propuestas</b>  |
|---|---------------------------|--|
| B6. Altos costos de inversión para la instalación de redes de internet en zonas rurales agrícolas | Importante                | M6. Articulación de alianzas público-privadas con empresas de telecomunicaciones que favorezca la inversión y el despliegue de infraestructura de conectividad en áreas rurales. |

Fuente: Elaboración propia.

### 3. Plan de Acción Tecnológico (PAT) para el sector silvoagropecuario

#### 3.1. Descripción general del sector

El sector silvoagropecuario presenta diversos desafíos tanto para el subsector forestal como para el subsector agrícola, estos están relacionados a la gestión de información climática silvoagropecuaria a nivel nacional y a la falta de información agroclimática. Esta información es necesaria para realizar la planificación y manejo de los cultivos y demás actividades pecuarias.

Avances de esta planificación en el sector, se pueden evidenciar por ejemplo en la región de O'Higgins, donde se han instalado mesas participativas que, mediante un sistema de información agroclimática, un sistema de capacitación, de comunicación y difusión, se buscó instalar en el sector silvoagropecuario un modelo de gestión para la adaptación al cambio climático a nivel nacional. Además, a nivel nacional existen portales y observatorios que proveen información a la ciudadanía, sin embargo, múltiples variables agroclimáticas no son visualizadas debido a que no son de acceso público o no se tiene registro de esa información.

Para hacer frente al principal desafío, durante el proceso de la TNA se priorizaron tres tecnologías que respondían a los vacíos de información agroclimática que existen en el país.

- **Tecnología 1:** *Machine learning* para optimizar el rendimiento de la actividad agrícola y forestal.
- **Tecnología 2:** Sistema de Irrigación Inteligente (SII) para la agricultura rural.
- **Tecnología 3:** Sistema de Alertas Tempranas (SAT) para eventos extremos que afectan la productividad silvoagropecuaria.

#### 3.2. Ambición del PAT

La ambición del PAT responde a los metas de las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC) de Chile y las medidas propuestas en el Plan de Adaptación al Cambio Climático del Sector Silvoagropecuario. Por lo que la implementación de este instrumento de gestión contribuirá al cumplimiento de las metas climáticas del país en el sector silvoagropecuario. En ese sentido, a continuación se presenta el detalle del alcance de cada una de las tecnologías, su vínculo con las metas climáticas del país y su aporte a la ambición del PAT.

Tabla 5. Alcance de la tecnología

| Tecnología  | Alcance   | Metas climáticas del país  | Ambición del PAT  |
|---|---|--|---|
| <i>Machine learning</i> para optimizar el rendimiento de la actividad agrícola y forestal | La implementación de tecnologías basada en machine learning está enfocada en complementar la información reportada por la Red Agroclimática Nacional a partir de datos de monitoreo recopilados a nivel local, con el fin de garantizar que las recomendaciones y predicciones generadas sean adecuadas a las características climáticas, ambientales e hídricas de | Según la meta de la NDC, se fortalecerá la capacidad de adaptación a los riesgos relacionados con el clima, y la capacidad de gestión ante los efectos adversos que causan los desastres socio-naturales en el país. | Fortalecer la capacidad de adaptación a los riesgos relacionados al clima mediante la implementación de machine learning en la actividad agrícola |

|   |   |   |   |
|---|---|---|---|
|   | los predios agrícolas rurales donde se implementen estas tecnologías.   |   |   |
| Sistema de Irrigación Inteligente (SII) para la agricultura rural                                       | La implementación de sistemas de irrigación inteligente está enfocada en complementar la información reportada por la Red Agroclimática Nacional a partir de datos de monitoreo recopilados a nivel predial, con el fin de garantizar que las recomendaciones y predicciones generadas por la tecnología sean adecuadas a las características climáticas, ambientales e hídricas de los predios agrícolas rurales donde se implementen estos sistemas de irrigación.  | Según el Plan de Adaptación al Cambio Climático del Sector Silvoagropecuario, se fortalecerá la planificación y gestión de recursos hídricos a nivel nacional para optimizar el uso del agua en la agricultura. | Fortalecer la planificación y gestión de recursos hídricos mediante un sistema de irrigación inteligente en la agricultura rural                      |
| Sistema de Alertas Tempranas (SAT) para eventos extremos que afectan la productividad silvoagropecuaria | Ampliación de los sistemas de alerta temprana existentes en todo el territorio y su fortalecimiento a través del monitoreo de nuevas variables que resulten relevantes para la prevención de los impactos asociados a eventos climáticos sobre el sector silvoagropecuario rural. Esto en aras de asegurar que la información llegue de forma clara y sencilla al usuario final para que sea utilizada de manera efectiva.<br><br>La tecnología busca fortalecer los SAT enfocados en el ámbito fitosanitario e incendios forestales. | Según el Plan de Adaptación al Cambio Climático del Sector Silvoagropecuario, se optimizará el Sistema Nacional para la Gestión de Riesgos Agroclimáticos   | Fortalecer la información de la gestión de riesgos agroclimáticos mediante un sistema de alertas tempranas para eventos que afectan la productividad. |

Fuente: Elaboración propia.

### 3.3. Acciones y actividades

De acuerdo con la evaluación de barreras y marco habilitante de la sección anterior, se proponen acciones que responden a las medidas propuestas y actividades específicas para lograr el desarrollo de dichas acciones. Además, teniendo en cuenta que el alcance de las tecnologías priorizadas tiene un enfoque al sector silvoagropecuario rural, las actividades están enfocadas a dicho alcance.

#### 3.3.1. Tecnología 1. *Machine learning* para optimizar el rendimiento de la actividad agrícola

Para esta tecnología se identificaron 2 barreras principales, las medidas generales identificadas para superar dichas barreras son las siguientes:

- **Articulación de diferentes instituciones del sector para la evaluación de priorización de la tecnología Machine Learning:** esta medida surge debido a la falta de interés para la inserción de estas tecnologías, por lo cual se generará espacios donde se informe acerca de los beneficios de la tecnología en el sector agrícola y se buscará incluir la inteligencia artificial dentro del sector agrícola.

- **Fomento del cofinanciamiento para la implementación, operación y mantenimiento de la tecnología:** los altos costos de inversión y mantenimiento de la tecnología son una barrera para su implementación. De esta manera, se propone realizar un diagnóstico de los equipos necesarios para levantar la información, un análisis financiero donde se evalúe la rentabilidad del proyecto y una búsqueda de programas de subvenciones y fondos públicos que se pueden aplicar al proyecto.

**Tabla 6. Acciones y actividades para la tecnología de machine learning**

| Barrera  | Medidas   | Acciones   | Actividades   |
|--|---|--|---|
| B1. Falta de priorización o interés para la inserción de estas tecnologías (a diferencia de otras prioridades) en el sector. | M1. Articulación de diferentes instituciones del sector para la evaluación de la tecnología Machine Learning. | A1. Articular la evaluación de la priorización de las tecnologías de Machine Learning.               | 1. Diagnóstico y levantamiento del estado de arte de la inteligencia artificial en el sector agrícola.  |
|  |   |  | 2. Creación de un comité multidisciplinario para la discusión y formulación de políticas públicas del uso de inteligencia artificial en el sector agrícola.                       |
|  |   |  | 3. Generación de espacios informativos sobre los beneficios de la implementación de la tecnología en el sector agrícola.  |
|  |   |  | 4. Inserción de la temática de inteligencia artificial en el sector agrícola dentro de la Estrategia de Desarrollo y Transferencia Tecnológica para el Cambio Climático (EDTTCC). |
|  |   |  | 5. Generación de propuesta de política del uso de inteligencia artificial dentro del sector agrícola.   |
| B2. Altos costos de inversión y mantenimiento de la tecnología.  | M2. Fomento del cofinanciamiento para la implementación, operación y mantenimiento de la tecnología.          | A2. Fomentar el cofinanciamiento para la implementación, operación y mantenimiento de la tecnología. | 1. Análisis financiero y estudio de prefactibilidad que evalúe la rentabilidad de proyectos de implementación de machine learning.  |
|  |   |  | 2. Identificación de programas de subvenciones y fondos públicos e internacionales aplicables.  |
|  |   |  | 3. Modelo de gestión: sostenibilidad financiamiento (mantenimiento y funcionamiento), gobernanza y gestión.   |
|  |   |  | 4. Alianza público-privadas para la inserción (instalación) de la tecnología.   |
|  |   |  | 5. Procesamiento de la data y establecimiento de un programa machine learning dentro de la Red Agroclimática.   |

Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.2. Tecnología 2. Sistema de irrigación inteligente (SII) para la agricultura rural

Para esta tecnología se identificaron 4 barreras principales, las medidas generales identificadas para superar dichas barreras son las siguientes:

- **Promoción del cofinanciamiento público y privada de cooperación para la implementación de sensores específicos y otras necesidades de la tecnología:** esta medida surge debido a los altos costos de inversión relacionados con la obtención de los sensores y dispositivos específicos necesarios para la tecnología. Por este motivo, se plantea realizar un diagnóstico sobre la cantidad de sensores y dispositivos específicos necesarios, y un análisis financiero para su compra.

- **Fortalecimiento de mecanismos de financiamiento para la implementación de la tecnificación del riego:** esta medida surge debido a que existen pocos mecanismos de financiamiento para el sector agrícola, por lo cual, se realizará una búsqueda de programas de subvenciones y fondos aplicables, así como alianzas público-privadas para implementación de la tecnología.
- **Generación de recomendaciones en un lenguaje sencillo que brinde acciones de respuesta:** la falta de un lenguaje sencillo que se entienda para tomadores de decisiones y agricultores rurales plantea desarrollar un protocolo claro y eficiente para la difusión de información en un lenguaje sencillo, así como brindar capacitaciones a los agricultores y agriculturas rurales sobre las recomendaciones y su protocolo para el entendimiento del SII.
- **Desarrollo de programas de difusión y sensibilización sobre los impactos del cambio climático y necesidades de adaptación:** esta medida surge debido a la casi nula concientización sobre la escasez hídrica, por lo cual, se plantea brindar capacitaciones y generar materiales didácticos sobre los impactos que puede tener la escasez hídrica en el sector agrícola, y organizar campañas donde se fomente la cultura de riesgo en la agricultura.

**Tabla 7. Acciones y actividades para la tecnología de sistemas de irrigación inteligente**

| Barrera   | Medidas   | Acciones   | Actividades   |
|---|---|--|---|
| B1.1 Altos costos de inversión de la tecnología para la obtención de sensores y dispositivos específicos para el sistema de irrigación inteligente. | M1.1 Promoción del cofinanciamiento público y privada de cooperación para la implementación de sensores específicos y otras necesidades de la tecnología. | A1. Promover y fortalecer los mecanismos de financiamiento para la implementación de sistemas de irrigación inteligente. | 1. Diagnóstico de la cantidad y tipo de sensores y dispositivos específicos necesarios para el funcionamiento de un sistema de irrigación inteligente.<br>2. Diagnóstico de existencia y necesidad de riego tecnificado en la agricultura rural.<br>3. Análisis financiero para la compra de sensores y dispositivos específicos necesarios.<br>4. Identificación de programas de subvenciones y fondos públicos e internacionales aplicables.<br>5. Modelo de gestión: sostenibilidad financiamiento (mantenimiento y funcionamiento), gobernanza y gestión.<br>6. Alianza público-privadas para la inserción (instalación) de la tecnología.<br>7. Convenios / contratos de compra de sensores y equipos. |
| B1.2. Pocos mecanismos de financiamiento (subsidios, garantías, leasing, otros) para el sector agrícola (ej. la tecnificación del riego).           | M1.2 Fortalecimiento de mecanismos de financiamiento para la implementación de la tecnificación del riego.  |  |   |
| B2. Falta de un lenguaje sencillo entendible para tomadores de decisiones y agricultores y agricultoras rurales.                                    | M2. Generación de recomendaciones en un lenguaje sencillo que brinde acciones de respuesta.   | A2. Generar recomendaciones en un lenguaje sencillo que brinde acciones de respuesta.                                    | 1. Desarrollo de un protocolo claro y eficiente para la difusión de información (qué hacer, cuándo hacerlo y por qué hacerlo) en un lenguaje sencillo para los/las agricultores con un enfoque territorial, de género e intercultural.<br>2. Desarrollo de recomendaciones preestablecidas que sirvan como base ante cada nivel.<br>3. Capacitación a los agricultores y agriculturas rurales sobre las recomendaciones y su protocolo para el entendimiento del SII (ej, e -learning).   |

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
|  |  |  | 4. Difusión del uso de SII mediante materiales visuales (videos cortos, infografías, anuncios radiales, otros).  |
| B3. Escasa concientización sobre la escasez hídrica. | M3. Desarrollo de programas de difusión y sensibilización sobre los impactos del cambio climático y necesidades de adaptación. | A3. Implementar un programa de concientización y sensibilización sobre los impactos del cambio climático sobre la disponibilidad hídrica para el sector y necesidades de adaptación. | <p>1. Capacitaciones sobre los impactos de la escasez hídrica en el sector agrícola y sobre prácticas sostenibles para aumentar la resiliencia utilizando los recursos existentes (ej. Escuela de Capacitación Chile Agrícola).</p> <p>2. Generación de material didáctico en el que se presenten de manera clara los impactos de la escasez hídrica, los riesgos de no desarrollar mecanismos de adaptación y alternativas para mitigar el impacto del estrés hídrico sobre cultivos y otras actividades.</p> <p>3. Organización de sesiones de intercambio de experiencias en ferias agrícolas que demuestren los cambios positivos de la inserción de la tecnología.</p> <p>4. Organización de campañas que fomenten una cultura de riego en la agricultura a través de medios de comunicación.</p> |

Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.3. Tecnología 3. Sistema de Alertas Tempranas (SAT) para eventos extremos que afectan la productividad silvoagropecuaria

Para esta tecnología se identificaron 5 barreras principales, las medidas generales identificadas para superar dichas barreras son las siguientes:

- **Fortalecimiento del financiamiento para la extensión de SAT existentes en los diferentes territorios:** esta medida surge debido al bajo financiamiento que existe para extender los SAT actuales en las zonas cordilleranas y extremos. De esta manera, se realizará un diagnóstico de los SAT existentes y sus necesidades, también de los equipos de monitoreo que se requieran en los territorios donde no estén los SAT.
- **Fortalecimiento del acceso al financiamiento para la operación de las SAT y su actualización de información a tiempo real:** esta medida se propone debido a los altos costos de operación del SAT, por lo cual, se plantea realizar alianzas público-privadas para la inserción de la tecnología, establecer convenios de compra de equipos para extender la cobertura de los SAT y establecer una conexión de puntos de monitoreo nuevos a las redes SAT.
- **Generación de recomendaciones en un lenguaje sencillo que brinde acciones preventivas y específicas:** esta medida surge frente a una falta de alertas y recomendaciones específicas hacia los agricultores y ganaderos. De esta manera, se plantea desarrollar un protocolo claro y eficiente para lograr difundir la información en un lenguaje sencillo, desarrollar recomendaciones específicas como base ante los niveles del SAT y brindar capacitaciones sobre estas recomendaciones. Por último, difundir el uso del SAT.
- **Capacitación de personal encargado de los reportes del SAT para brindar información en un lenguaje sencillo:** esta medida surge respecto a que existe personal no capacitado en traducir a un lenguaje sencillo la información técnica, por lo cual se busca impulsar el desarrollo de capacitaciones al personal respecto al protocolo desarrollado.

- **Elaboración de una estrategia de difusión eficiente de las alertas generadas a los silvoagropecuarios rurales, por ejemplo, a través de radio o difusión mediante las redes de telefonía:** esta medida se propone debido a la escasez de canales de difusión eficientes sobre la información que se genera por los SAT. De esta manera, se plantea ampliar el sistema de alerta de riesgo de desastre para que incluya la alerta temprana agroclimática y difundir el funcionamiento e importancia de los SAT.

**Tabla 8. Acciones y actividades para la tecnología de sistemas de alertas tempranas para eventos extremos que afectan la productividad silvoagropecuaria**

| Barrera  | Medidas  | Acciones   | Actividades   |
|--|--|--|---|
| B1.1. Bajo financiamiento para extender los SAT existentes en las zonas cordilleranas y extremos.          | M1.1. Fortalecimiento del financiamiento para la extensión de SAT existentes en los diferentes territorios.                      | A1. Implementar una estrategia que movilice recursos destinados al financiamiento de SAT existentes.   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Diagnóstico de existencia y necesidades de los SAT nacionales agroclimáticos.</li> <li>2. Diagnóstico de los equipos de monitoreo en los territorios donde no exista cobertura del SAT o su fortalecimiento en los territorios existentes.</li> <li>3. Análisis financiero asociado a la extensión de la cobertura de los SAT existentes.</li> <li>4. Identificación de programas de subvenciones y fondos nacionales y/o internacionales aplicables.</li> <li>5. Modelo de gestión: sostenibilidad financiamiento (mantenimiento y funcionamiento), gobernanza, gestión.</li> <li>6. Alianza público-privadas para la inserción (instalación) de la tecnología.</li> <li>7. Convenios y/o contratos de compra de equipos para extender la cobertura de los SAT.</li> <li>8. Conexión de nuevos puntos de monitoreo a las redes SAT.</li> </ol> |
| B1.2. Altos costos en la operación de las SAT y de la actualización de la información a tiempo real.       | M1.2. Fortalecimiento del acceso al financiamiento para la operación de las SAT y su actualización de información a tiempo real. |  |   |
| B2. Falta de alertas y recomendaciones específicas hacia el agricultor y agricultora, ganadero y ganadera. | M2. Generación de recomendaciones en un lenguaje sencillo que brinde acciones preventivas y específicas.                         | A2. Generar recomendaciones en un lenguaje sencillo para agricultores/as y ganaderos/as rurales que brinde acciones preventivas y específicas. | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Desarrollo de un protocolo claro y eficiente para la difusión de información (qué hacer, cuando hacerlo, porque hacerlo) en un lenguaje sencillo para los/las agricultores y ganaderos/as con un enfoque territorial.</li> <li>2. Desarrollo de recomendaciones preventivas y reactivas específicas preestablecidas que sirvan como base ante cada nivel del SAT.</li> <li>3. Capacitación a los agricultores y agricultoras rurales sobre las recomendaciones y su protocolo para el entendimiento del SAT (ej, e -learning).</li> <li>4. Difusión del uso de SAT (videos cortos, infografías, anuncios radiales, otros).</li> </ol>   |
| B3. Personal no capacitado en traducir la información técnica en un lenguaje sencillo.                     | M3. Capacitación de personal encargado de los reportes del SAT para brindar información en un lenguaje sencillo.                 | A3. Capacitar al personal encargado de los reportes de difusión de alertas tempranas en un lenguaje sencillo.                                  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Conformación de Comités Locales de Gestión del Riesgo Agroclimático con los servicios públicos (INIA, INDAP, CONAF, SAG, otros)</li> <li>2. Desarrollo de capacitaciones al personal [quienes están encargadas del SAT] en tanto al protocolo desarrollado</li> </ol>   |
| B4. Escasez de canales eficientes de difusión de la información  | M4. Elaboración de una estrategia de difusión eficiente de las alertas   | A4. Implementar una estrategia de difusión de alertas tempranas para los   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ampliación del sistema de alerta de riesgo de desastre para que incluya la alerta temprana agroclimática en concordancia con el PANCC SAP.</li> </ol>   |

|                       |  |                             |  |
|-----------------------|--|-----------------------------|--|
| generada por los SAT. | generadas a los silvoagropecuarios rurales, por ejemplo, a través de radio o difusión mediante las redes de telefonía. | silvoagropecuarios rurales. | 2. Difusión del funcionamiento e importancia de los sistemas de alerta temprana agroclimática con un enfoque territorial, de género e intercultural. |
|-----------------------|--|-----------------------------|--|

Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.4. Actividades transversales

Para el sector en conjunto se identificaron 7 barreras principales, las medidas generales identificadas para superar dichas barreras son las siguientes:

- **Articulación de diferentes instituciones que fortalezcan alianzas estratégicas enfocadas en la innovación del sector agrícola rural:** Busca identificar alianzas estratégicas que generen espacios de diálogos para el intercambio de conocimientos y oportunidades de innovación, también identificar programas de financiamiento para la generación de centros de innovación y pilotaje para la investigación y adopción de tecnologías agroclimáticas.
- **Fortalecimiento del financiamiento a la agricultura rural que favorezca la tecnificación y aplicación de las tecnologías:** Se plantea realizar evaluaciones sobre créditos y fondos disponibles para la agricultura rural, así como ampliar los fondos identificados para favorecer una tecnificación significativa.
- **Divulgación de líneas de créditos para la agricultura rural y transparencia de su aplicación:** se busca establecer convenios de colaboración público – privada y campañas de difusión de las fuentes de financiamiento disponibles para la agricultura rural.
- **Elaboración de una estrategia de entendimiento y uso de la tecnología mediante materiales difusivos y capacitaciones técnicas:** se plantea el diseño de un programa de fortalecimiento de capacidades que ayuden a los agricultores a familiarizarse con las nuevas tecnologías y aprender de ellas, también la elaboración de un material para aprender de manera sencilla la operación de las nuevas tecnologías.
- **Fomento de capacitaciones mediante cursos, carreras técnicas o profesionales que permitan al sector:** se busca realizar una identificación de formación técnica y profesional especializada en tecnología e innovación agrícola, y formar alianzas para la creación de programas de formación técnica y profesional especializados en tecnología e innovación agrícola.
- **Aplicación de enfoque de género en la implementación de las tecnologías que asegure el involucramiento y participación de las mujeres, consideración de las necesidades, expectativas de las mujeres en el uso y apropiación de las tecnologías:** se plantea generar programas de fortalecimiento de capacitaciones dirigidos exclusivamente hacia mujeres agrícolas rurales, implementar el enfoque de género en el diseño de materiales de difusión y realizar un seguimiento a las percepciones de las mujeres rurales agrícolas sobre su rol en el sector silvoagropecuario y en el uso de tecnologías.
- **Articulación de alianzas público-privadas con empresas de telecomunicaciones que favorezca la inversión y el despliegue de infraestructura de conectividad en áreas rurales:**

esta medida surge debido a los altos costos de inversión para la instalación de redes de internet en zonas rurales, por lo cual se propone desarrollar un análisis con alternativas de conectividad a la red y un plan estratégico de conectividad.

**Tabla 9. Acciones y actividades sectoriales para el Plan de Acción Tecnológico del sector silvoagropecuario**

| Barreras causales   | Medidas generales   | Acciones generales   | Actividades específicas   |
|---|---|--|---|
| B1. Escasas alianzas entre el sector público, centros de investigación/ universidades y empresas enfocadas en la innovación en el sector.   | M1. Articulación de diferentes instituciones que fortalezcan alianzas estratégicas enfocadas en la innovación del sector agrícola rural.  | A1. Fomentar alianzas entre las empresas agrícolas (grandes y pequeñas), la academia y entidades públicas para que fortalezcan la transferencia de innovación tecnológica. | <p>1. Identificación de alianzas estratégicas (público - privada, grandes operadores agrícolas y pequeña agricultura, otros) que genere espacios de diálogos para el intercambio de conocimientos y la identificación de oportunidades y necesidades de innovación.</p> <p>2. Implementación de centros de innovación para la investigación y pilotaje para la adopción de tecnologías agroclimáticas.</p> <p>3. Implementación de un piloto para la adopción de tecnologías agroclimáticas.</p> <p>4. Transferencia de innovación tecnológica a la pequeña agricultura (público - privada, grandes operadores agrícolas y pequeña agricultura, otros).</p>   |
| <p>B2.1 Los apoyos económicos existentes solo cubren pequeños montos monetarios que no favorecen una tecnificación significativa.</p> <p>B2.2 Existe desinformación sobre el acceso y postulación a líneas de crédito en el sector.</p> | <p>M2.1 Fortalecimiento del financiamiento a la agricultura rural que favorezca la tecnificación y aplicación de las tecnologías.</p> <p>M2.2 Divulgación de líneas de créditos para la agricultura rural y transparencia de su aplicación.</p> | A2. Crear una campaña de comunicación estratégica para informar a los agricultores sobre las líneas de crédito disponibles y los requisitos para acceder a ellas.          | <p>1. Ampliación de los fondos identificados para favorecer una tecnificación significativa.</p> <p>2. Búsqueda de colaboración del sector privado para el fortalecimiento de fondos de inversión enfocados en el desarrollo tecnológico.</p> <p>3. Establecimiento de convenios de colaboración público - privada.</p> <p>4. Establecimiento de convenios de colaboración público - privada.</p> <p>5. Alianzas productivas entre pequeños agricultores y grandes agricultores para la competitividad del sector.</p> <p>6. Financiamiento de la implementación de las innovaciones resultantes de la transferencia tecnológica (Acción 1) aplicadas a la agricultura.</p> <p>7. Campañas de difusión (charlas, material visual y escrito) de las fuentes de financiamiento disponibles para la agricultura rural con un enfoque territorial, de género e intercultural.</p> |
| <p>B3.1. Desconocimiento en el uso de nuevas tecnologías de automatización y digitalización de labores agrícolas.</p> <p>B3.2. Bajos niveles de especialización y capacitación en la población</p>                                      | M3. Elaboración de una estrategia de entendimiento y uso de la tecnología mediante materiales difusivos y capacitaciones técnicas.  | A3. Elaborar una estrategia de entendimiento y uso de la tecnología mediante materiales difusivos y capacitaciones técnicas.   | <p>1. Diseño de un programa de fortalecimiento de capacidades con demostraciones prácticas que permitan al agricultor y agricultora familiarizarse con las nuevas tecnologías y aprender sobre su uso de manera efectiva con un enfoque territorial, de género e intercultural</p> <p>2. Diseño y difusión de material que permita a las agricultoras y agricultores aprender de manera sencilla la operación de las nuevas tecnologías con un enfoque territorial, de género e intercultural</p>   |

|   |  |  |  |
|---|--|--|--|
| trabajadora rural del sector.   |  |  | 3. Desarrollo del programa de asesoría técnica y capacitación al agricultor que brinde atención personalizada incluyendo visitas a campo y seguimiento continuo para asegurar el uso adecuado de la tecnología y de los beneficios esperados con un enfoque territorial, de género e intercultural, utilizando los recursos existentes como las Mesas Agroclimáticas Participativas.   |
| B4. Baja oferta de especialización en temáticas del sector agrícola.  | M4. Fomento de capacitaciones mediante cursos, carreras técnicas o profesionales que permitan al sector.   | A4. Fomentar capacitaciones mediante cursos, carreras técnicas o profesionales que permitan al sector.   | <p>1. Identificación de formación técnica y profesional especializada en tecnología e innovación agrícola.</p> <p>2. Alianzas con instituciones educativas y empresas tecnológicas para la creación de programas de formación técnica y profesional especializados en tecnología e innovación agrícola.</p> <p>3. Adecuar la oferta académica y de formación técnica - profesional en el sector agrícola a las necesidades del sector a nivel territorial.</p>   |
| B5. Estereotipos que limitan a la mujer a las actividades del hogar, al involucramiento y participación en tomas de decisiones, a su formación técnica y/o profesional y al uso de tecnologías. | M5. Aplicación de enfoque de género en la implementación de las tecnologías que asegure el involucramiento y participación de las mujeres, consideración de las necesidades, expectativas de las mujeres en el uso y apropiación de las tecnologías. | A5. Aplicar enfoque de género en la implementación de las tecnologías que asegure el involucramiento y participación de las mujeres, consideración de las necesidades, expectativas de las mujeres en el uso y apropiación de las tecnologías. | <p>1. Generación de programas de fortalecimiento de capacitaciones dirigidos exclusivamente hacia mujeres agrícolas rurales adecuados a sus horarios y responsabilidades del hogar.</p> <p>2. Generación de concursos de innovación e ideación dirigidos exclusivamente hacia mujeres agrícolas en el sector con mentorías gratuitas.</p> <p>3. Implementación del enfoque de género en el diseño de materiales de difusión (visual y escrito) y técnicas.</p> <p>4. Inclusión de cuota de género de capacitadoras mujeres dentro de los programas de capacitaciones y comités a desarrollarse en el Plan Acción Tecnológico.</p> <p>5. Investigación de seguimiento y monitoreo de percepciones de mujeres rurales agrícolas respecto a su rol en el sector silvoagropecuario y en el uso de tecnologías.</p> |
| B6. Altos costos de inversión para la instalación de redes de internet en zonas rurales agrícolas.  | M6. Articulación de alianzas público-privadas con empresas de telecomunicaciones que favorezca la inversión y el despliegue de infraestructura de conectividad en áreas rurales.   | A6. Articular alianzas público-privadas con empresas de telecomunicaciones que favorezca la inversión y el despliegue de infraestructura de conectividad en áreas rurales.   | <p>1. Diagnóstico de zonas rurales agrícolas que requieran conectividad para establecer dónde deberán enfocarse los fondos y esfuerzos, así como el despliegue de la infraestructura.</p> <p>2. Desarrollo de un plan estratégico de conectividad, donde se evidencien las necesidades de conectividad en zonas rurales agrícolas y se establezca cómo se abordarán estas necesidades mediante alianzas público-privada.</p> <p>3. Desarrollo de análisis de alternativas y opciones de tecnologías de conectividad.</p> <p>4. Materialización de la conectividad.</p>   |

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4. Mapeo de actores para la implementación del PAT

En la implementación del PAT pueden intervenir diversos actores, entre los que se pueden destacar:

- **Ministerio de Agricultura:** Institución encargada de formular y ejecutar las políticas agrícolas, ganaderas, forestales y de desarrollo rural en el país. Además, el Minagri se encarga de la implementación de medidas enfocadas en fomentar el crecimiento y la competitividad del sector agropecuario y forestal, brindando apoyo técnico, financiero y de capacitación a agricultores, ganaderos, forestales y comunidades rurales. Adicionalmente, esta institución resulta clave para la difusión efectiva entre la comunidad del Plan de Acción Tecnológico gracias a la Escuela de Capacitación Agrícola, plataforma que pone a disposición diversos contenidos técnicos, instructivos y prácticos, de acceso inmediato y gratuito a los agricultores a nivel nacional.
- **Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA:** Esta institución lleva a cabo investigación científica y tecnológica para la agricultura, ganadería y silvicultura, esto incluye el desarrollo de estudios sobre manejo sostenible de recursos naturales, implementación de tecnologías agrícolas innovadoras, entre otros. Para la implementación del PAT sectorial, esta institución es clave para la transferencia de conocimientos sobre las tecnologías priorizadas, mediante sus programas de capacitación, asesorías técnicas y publicaciones especializadas.

Además, el INIA colabora con instituciones de investigación y desarrollo a nivel nacional e internacional, participando en redes y proyectos de cooperación técnica lo que favorecería el intercambio de conocimientos sobre experiencias similares ya implementados en el sector dentro y fuera de Chile.

- **Instituto de Desarrollo Agropecuario INDAP:** La institución tiene como objetivo principal promover el desarrollo integral y sostenible de la agricultura familiar campesina en el país, siendo clave para la capacitación y asistencia técnica dirigida a los pequeños agricultores y campesinos.

En adición a lo anterior, el INDAP ofrece una variedad de programas de financiamiento y créditos preferenciales destinados a facilitarles el acceso a recursos económicos para invertir en sus unidades productivas, adquirir insumos, maquinaria agrícola, mejorar la infraestructura de sus predios, entre otras necesidades relacionadas con su actividad productiva. Entre estas herramientas financieras, destaca el subsidio al riego, que se enfoca en la construcción de nuevas obras de riego y drenaje, reparación, instalación de sistemas de riego tecnificado y reposición de equipos o insumos de riego.

- **Comisión Nacional de Riego:** Es la encargada de promover y gestionar el desarrollo del riego y la tecnificación agrícola en el país. Dentro de sus funciones destaca la elaboración de políticas, planes y normativas relacionadas con el uso eficiente del agua en la agricultura, así como la construcción, operación y mantenimiento de obras de riego y drenaje en el país, lo que resulta clave para la formulación de los marcos regulatorios necesarios para la inserción de las tecnologías enfocadas en optimizar el riego.

Por otro lado, la CNR cuenta con avances significativos clave para su integración en las tecnologías priorizadas, como es la calculadora de riego que permite obtener al usuario

información sobre el uso eficiente del recurso hídrico según el tipo de cultivo y otros avances en la aplicación de teledetección para la optimización del riego.

Por último, a destacar de la institución, esta cuenta con plataformas de e-learning que pueden ser utilizadas o replicadas para la difusión y transferencia del PAT y las tecnologías incluidas.

- **Dirección Meteorológica de Chile:** Opera una red de estaciones meteorológicas distribuidas en todo el territorio nacional para recopilar datos sobre temperatura, humedad, presión atmosférica, viento, precipitación y otros parámetros meteorológicos. La información recopilada por la DMC, así como los pronósticos elaborados son esenciales para alimentar cada una de las tecnologías priorizadas dentro del PAT.
- **Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático:** Se encarga de fomentar la producción sustentable y la mitigación y adaptación al cambio climático en las empresas, entre sus principales mandatos que realizar se encuentra la coordinación entre el Estado y las empresas, y la emisión de Certificaciones en Acuerdos de Producción Limpia.
- **INFOR:** Es el organismo encargado promover y ejecutar actividades de investigación, innovación, transferencia tecnológica y asesoría en el ámbito forestal, contribuyendo al desarrollo sustentable del sector forestal en Chile, siendo esencial para el involucramiento de todas las partes interesadas en el sector forestal.
- **Gremios productores:** como la Federación de Productores de Frutas de Chile y la Corporación Chilena de la Madera. Estos gremios representan a un amplio segmento de productores y empresas dentro del sector silvoagropecuario. Su alcance y conexión directa con los productores los convierten en canales para la comunicación, implementación y adopción de prácticas más sostenibles.

### 3.5. Estimación de recursos necesarios para acciones y actividades

#### 3.5.1. Estimación de necesidades para el fortalecimiento de capacidades

Este componente reconoce que, más allá de las inversiones físicas y tecnológicas, el desarrollo de capacidades humanas e institucionales es esencial para superar las barreras y maximizar el impacto de las tecnologías seleccionadas.

Para superar las barreras específicas de cada tecnología identificada en el sector de recursos silvoagropecuarios, el fortalecimiento de capacidades se integra de manera transversal en todas las acciones y actividades del PAT:

- **En la implementación de tecnologías:** Asegurando que el personal y los usuarios finales posean los conocimientos y habilidades necesarios para aprovechar al máximo las tecnologías implementadas. Por ejemplo, se debe capacitar a la comunidad beneficiaria para el buen funcionamiento de sistemas de irrigación inteligente y sistemas de alerta temprana, es decir, los agricultores y agricultoras deben aprender del correcto funcionamiento de dichos sistemas para asegurar su sostenibilidad y escalabilidad en el tiempo.
- **En la gestión y mantenimiento:** Proporcionando formación continua para garantizar la sostenibilidad y eficiencia a largo plazo de las soluciones tecnológicas. La transparencia con la

comunidad beneficiaria de algún proyecto de este sector reforzará los lazos entre comunidad e institución y aumentará la sensación y niveles de participación de la población.

- **En la toma de decisiones y políticas:** Mejorando las capacidades de los responsables de la formulación de políticas y la toma de decisiones para que puedan crear entornos habilitantes para la innovación y la gestión efectiva de los recursos silvoagropecuarios. La comunidad no debe ser el único foco del fortalecimiento de capacidades, los tomadores de decisiones también deben recibir este beneficio.

A su vez, el fortalecimiento de capacidades abarca una amplia gama de actividades, desde la formación técnica y profesional hasta el desarrollo organizacional y el fortalecimiento de la gobernanza. Para este sector, esto incluye:

- **Formación y capacitación técnica:** Desarrollar las habilidades técnicas necesarias para implementar, operar y mantener las tecnologías de gestión de recursos hídricos. Por ejemplo, en la tecnología machine learning para optimizar el rendimiento de la actividad agrícola y forestal, si bien se contempla la contratación de expertos y/o profesionales para el diseño e implementación de los algoritmos de ML, serán los dueños de los predios agrícolas los que le darán sostenibilidad al proyecto, siendo ellos los encargados de verificar el buen funcionamiento del sistema y sus procesos técnicos.
- **Fortalecimiento institucional:** Mejorar la capacidad de las instituciones involucradas para gestionar eficazmente el sector, incluyendo aspectos de planificación, regulación y supervisión.
- **Sensibilización y educación comunitaria:** Fomentar una comprensión más profunda y un compromiso con prácticas silvoagropecuarias más sostenibles entre la población general y las partes interesadas clave. Todas las tecnologías incluyen un componente de sensibilización a la comunidad, reconociéndola como aliados claves para el éxito de los proyectos.

Este enfoque integral garantiza que el fortalecimiento de capacidades sea un pilar central en la implementación exitosa del PAT, contribuyendo a la resiliencia y sostenibilidad del sector.

### 3.5.2. Estimación de costos de acciones y actividades

Esta sección pretende ofrecer una propuesta de los recursos financieros necesarios para llevar a cabo las acciones y actividades de cada actividad, asegurando así la viabilidad y sostenibilidad del proyecto.

#### 3.5.2.1. Actividades transversales

Para el desarrollo de las actividades transversales del sector silvoagropecuario se estima un costo de 520,880.36 USD. A continuación, la

Tabla 10 presenta la estimación de los costos de cada actividad específica, el organismo responsable de su implementación, y por ende su seguimiento y monitoreo, los indicadores para el reporte, el plazo estimado de ejecución (propuesto en meses), el concepto de coste de la actividad, que hace referencia como se materializará la actividad específica, y la justificación del coste, donde se detallan los supuestos realizados para la estimación.

**Tabla 10. Tabla de planificación de las acciones para la implementación de las actividades transversales**

|  |   |   |  |  |   |   |
|--|---|---|--|--|---|---|
| <b>Acción</b>  | <b>A1. Fomentar alianzas entre las empresas agrícolas (grandes y pequeñas), la academia y entidades públicas para que fortalezcan la transferencia de innovación</b>    |   |  |  |   |   |
| <b>Riesgos y supuestos</b>   | Dificultades para el entendimiento o la posibilidad de llegar a acuerdos  |   |  |  |   |   |
| <b>Criterios de éxito</b>  | Tener en cuenta la posibilidad de participar en futura colaboraciones en otros ámbitos o proyectos  |   |  |  |   |   |
| <b>Fuentes de financiamiento</b>   | Banco Interamericano de Desarrollo, Green Climate Fund, Fundación para la Innovación Agraria, Food and Agriculture Organization of the United Nations                   |   |  |  |   |   |
| <b>Actividades específicas</b>   | <b>Organismo responsable</b>  | <b>Indicadores para el seguimiento de la ejecución</b>                | <b>Plazo estimado de ejecución (meses)</b> | <b>Presupuesto por actividad (USD)</b> | <b>Concepto del coste de la actividad</b>       | <b>Justificación del coste</b>  |
| 1. Identificación de alianzas estratégicas (público - privada, grandes operadores agrícolas y pequeña agricultura, start-ups, otros) que genere espacios de diálogos para el intercambio de conocimientos y la identificación de oportunidades y necesidades de innovación | MINAGRI<br>CORFO  | Participación de las empresas públicas sobre el total de la inversión | 6  | 14,300.00                              | Horas de consultoría                            | Se estiman 200 horas para la búsqueda de acuerdos, basada en identificación de agentes, programación de reuniones y la concreción de propuestas |
| 2. Identificación de centros de innovación existentes para el pilotaje, investigación y adopción de tecnologías agroclimáticas   | MINAGRI<br>INIA   | Centros especializados en formación identificados                     | 4  | 5,720.00                               | Horas de consultoría                            | Se estiman 80 horas en concepto de benchmarking para la identificación tecnologías agroalimentarias   |
| 3. Implementación de un piloto para la adopción de tecnologías agroclimáticas  | MINAGRI<br>INIA   | Nuevas técnicas implementadas   | 8  | 90,200.00                              | Coste asociado a la implementación del proyecto | Se estima un coste asociado al suministro de equipo analizador para la calidad de alimentos   |
| 4. Transferencia de innovación tecnológica a la pequeña agricultura (público - privada, grandes operadores agrícolas y pequeña agricultura, otros)   | MINAGRI<br>INIA   | Número de talleres realizados y asistencia a los mismos               | 2  | 2,200.00                               | Creación y elaboración de un taller             | Se estima un coste total de 2200\$ para la coordinación de los contenidos y su implementación   |
| <b>Subtotal A1</b>   |   |   |  | <b>112,420.00</b>                      | -   | -   |
| <b>Acción</b>  | <b>A2. Crear una campaña de comunicación estratégica para informar a los agricultores sobre las líneas de crédito disponibles y los requisitos para acceder a ellas</b> |   |  |  |   |   |
| <b>Riesgos y supuestos</b>   | Dificultades en los trámites administrativos o inversión no asumible  |   |  |  |   |   |

|   |   |   |  |  |   |   |
|---|---|---|--|--|---|---|
| <b>Criterios de éxito</b>   | Fomento de buenas prácticas para el desarrollo económico del sector   |   |  |  |   |   |
| <b>Fuentes de financiamiento</b>  | Banco Interamericano de Desarrollo, Green Climate Fund, Fundación para la Innovación Agraria, Food and Agriculture Organization of the United Nations |   |  |  |   |   |
| <b>Actividades específicas</b>  | <b>Organismo responsable</b>  | <b>Indicadores para el seguimiento de la ejecución</b>                    | <b>Plazo estimado de ejecución (meses)</b> | <b>Presupuesto por actividad (USD)</b> | <b>Concepto del coste de la actividad</b> | <b>Justificación del coste</b>  |
| 1. Estudio que evalúe los créditos y fondos disponibles a nivel nacional (INDAP, DGA, DOH, ASCC, otros) e internacional para la agricultura rural donde aplica el apoyo a las tecnologías de sistema de irrigación inteligente y machine learning | MINAGRI<br>ODEPA<br>FIA   | Inversión requerida (\$)  | 6  | 22,000.00                              | Estudio de viabilidad técnica             | Se considera el estudio de necesidades en base al diagnóstico y la identificación de sensores y dispositivos de riego inteligente                         |
| 2. Ampliación de los fondos identificados para favorecer una tecnificación significativa  | MINAGRI<br>FIA  | Ampliación de los fondos sobre el valor inicialmente previsto             | -  | -                                      | -   | El coste asociado dependerá de en qué cuantía se quieran incrementar los fondos   |
| 3. Búsqueda de colaboración del sector privado para el fortalecimiento de fondos de inversión enfocados en el desarrollo tecnológico  | MINAGRI<br>FIA  | Número de colaboraciones identificadas                                    | 4  | 8,580.00                               | Horas de consultoría                      | Se estiman 120 horas en concepto de benchmarking de proyectos y colaboraciones actuales, características y potencial interés para las necesidades futuras |
| 4. Establecimiento de convenios de colaboración público - privada   | MINAGRI   | Convenios identificados   | 6  | 17,160.00                              | Horas de consultoría                      | Se estiman 240 horas para la definición, negociación y acuerdo de los convenios de colaboración   |
| 5. Alianzas productivas entre pequeños agricultores y grandes agricultores para la competitividad del sector  | MINAGRI   | Número de empresas dispuestas a invertir y cantidad prevista de inversión | 4  | 6,435.00                               | Horas de consultoría                      | Se estiman 90 horas en concepto de búsqueda de contactos (40h), reuniones de trabajo (30h) y priorización de agentes (20h)                                |
| 6. Financiamiento de la implementación de las innovaciones resultantes de la transferencia tecnológica (Acción 1) aplicadas a la agricultura  | MINAGRI<br>FIA  | Número de fuentes de financiación disponibles                             | 1  | 5,720.00                               | Horas de consultoría                      | Se estiman 80 horas en concepto de benchmarking para identificar fuentes de financiación y colaboraciones   |

|   |         |  |   |                  |   |   |
|---|---------|--|---|------------------|---|---|
| 7. Campañas de difusión (charlas, material visual y escrito) de las fuentes de financiamiento disponibles para la agricultura rural con un enfoque territorial, de género e intercultural | MINAGRI | Número de documentos audiovisuales creados | 3 | 8,580.00         | Elaboración de material audiovisual para difusión | Se estiman 120 horas en concepto de planificación, desarrollo del contenido audiovisual, producción del contenido, edición y diseño gráfico |
| <b>Subtotal A2</b>  |         |  |   | <b>45,636.36</b> | -   | -   |

|  |   |  |  |  |   |   |
|--|---|--|--|--|---|---|
| <b>Acción</b>  | <b>A3. Elaborar una estrategia de entendimiento y uso de la tecnología mediante materiales difusivos y capacitaciones técnicas</b>                    |  |  |  |   |   |
| <b>Riesgos y supuestos</b>   | Percepción como aspecto poco prioritario por parte del personal técnico   |  |  |  |   |   |
| <b>Criterios de éxito</b>  | Adecuar el proceso de formación y de capacitación al perfil del trabajador del sector   |  |  |  |   |   |
| <b>Fuentes de financiamiento</b>   | Banco Interamericano de Desarrollo, Green Climate Fund, Fundación para la Innovación Agraria, Food and Agriculture Organization of the United Nations |  |  |  |   |   |
| <b>Actividades específicas</b>   | <b>Organismo responsable</b>  | <b>Indicadores para el seguimiento de la ejecución</b> | <b>Plazo estimado de ejecución (meses)</b> | <b>Presupuesto por actividad (USD)</b> | <b>Concepto del coste de la actividad</b> | <b>Justificación del coste</b>  |
| 1. Diseño de un programa de fortalecimiento de capacidades con demostraciones prácticas que permitan al agricultor y agricultora familiarizarse con las nuevas tecnologías y aprender sobre su uso de manera efectiva con un enfoque territorial, de género e intercultural. Utilizando los recursos existentes como las Mesas Agroclimáticas Participativas | MINAGRI<br>INDAP  | Número de formaciones elaboradas                       | 8  | 64,845.00                              | Jornada formativa                         | Se estima el coste asociado a la impartición de actividades formativas entre el conjunto de empleados públicos                          |
| 2. Diseño y difusión de material que permita a las agricultoras y agricultores aprender de manera sencilla la operación de las nuevas tecnologías con un enfoque territorial, de género e intercultural (ej. videos cortos, infografías, otros).   | INDAP   | Redacción del documento (sí/no)                        | 4  | 11,000.00                              | Redacción de guía de uso                  | Se considera el coste asociado a la redacción de un documento guía basado la aplicación de nuevas tecnologías en el sector              |
| 3. Desarrollo del programa de asesoría técnica y capacitación a las comunidades con enfoque en los/las agricultoras, que brinden atención personalizada incluyendo visitas a campo y seguimiento continuo para asegurar el uso adecuado de la tecnología y de los beneficios esperados con un enfoque territorial, de género e intercultural                 | INDAP   | Número de personas que reciben formación               | 12   | 87,054.00                              | Horas de asesoramiento técnico            | Se estima un coste asociado a la contratación de asesoramiento técnico para la elaboración, diseño e impartición de cursos de formación |

|                    |                   |   |   |
|--------------------|-------------------|---|---|
| <b>Subtotal A3</b> | <b>162,899.00</b> | - | - |
|--------------------|-------------------|---|---|

|   |   |  |  |  |   |  |
|---|---|--|--|--|---|--|
| <b>Acción</b>   | <b>A4. Fomentar capacitaciones mediante cursos, carreras técnicas o profesionales que permitan al sector</b>  |  |  |  |   |  |
| <b>Riesgos y supuestos</b>  | Problemas de gobernanza o falta de mecanismos de inversión  |  |  |  |   |  |
| <b>Criterios de éxito</b>   | Innovación y aumento del conocimiento dentro del sector público   |  |  |  |   |  |
| <b>Fuentes de financiamiento</b>  | Banco Interamericano de Desarrollo, Green Climate Fund, Fundación para la Innovación Agraria, Food and Agriculture Organization of the United Nations |  |  |  |   |  |
| <b>Actividades específicas</b>  | <b>Organismo responsable</b>  | <b>Indicadores para el seguimiento de la ejecución</b> | <b>Plazo estimado de ejecución (meses)</b> | <b>Presupuesto por actividad (USD)</b> | <b>Concepto del coste de la actividad</b> | <b>Justificación del coste</b>   |
| 1. Identificación de formación técnica y profesional especializada en tecnología e innovación agrícola dentro del grupo de trabajo del ETICC encargado                                | INDAP<br>INIA   | Centros especializados en formación identificados      | 4  | 5,720.00                               | Horas de consultoría                      | Se estiman 80 horas en concepto de estudio de las formaciones y jornadas actuales y su priorización  |
| 2. Alianzas con instituciones educativas y empresas tecnológicas para la creación de programas de formación técnica y profesional especializados en tecnología e innovación agrícola. | INDAP<br>INIA   | Número de acuerdos alcanzados                          | 6  | 20,020.00                              | Horas de consultoría                      | Se estiman 280 horas en concepto de recopilación de información, evaluación de análisis de riesgos, negociaciones y revisiones de los acuerdos preliminares para los acuerdos Se estima un plazo de ejecución de 6 meses para el conjunto de la acción |
| 3. Adecuar la oferta académica y de formación técnica - profesional en el sector agrícola a las necesidades del sector a nivel territorial  | INDAP<br>INIA   | Nuevas formaciones lanzadas                            | 2  | 11,440.00                              | Horas de consultoría                      | Se estima un total de 160 horas para la adecuación de las formaciones actuales en base a las identificadas como prioritarias   |
| <b>Subtotal A4</b>  |   |  |  | <b>37,180.00</b>                       | -   | -  |

|                            |  |
|----------------------------|--|
| <b>Acción</b>              | <b>A5. Aplicar enfoque de género en la implementación de las tecnologías que asegure el involucramiento y participación de las mujeres, consideración de las necesidades, expectativas de las mujeres en el uso y apropiación de las tecnologías</b> |
| <b>Riesgos y supuestos</b> | Percepción como aspecto poco prioritario por parte del personal técnico  |
| <b>Criterios de éxito</b>  | Fomento de la igualdad de oportunidades en todas fases de la cadena de valor de las tecnologías implementadas  |

|  |   |  |  |  |   |  |
|--|---|--|--|--|---|--|
| <b>Fuentes de financiamiento</b>   | Banco Interamericano de Desarrollo, Green Climate Fund, Fundación para la Innovación Agraria, Food and Agriculture Organization of the United Nations |  |  |  |   |  |
| <b>Actividades específicas</b>   | <b>Organismo responsable</b>  | <b>Indicadores para el seguimiento de la ejecución</b> | <b>Plazo estimado de ejecución (meses)</b> | <b>Presupuesto por actividad (USD)</b> | <b>Concepto del coste de la actividad</b>     | <b>Justificación del coste</b>   |
| 1. Generación de programas de fortalecimiento de capacitaciones dirigidas hacia mujeres agrícolas rurales  | INDAP   | Número de formaciones anuales realizadas               | 3  | 22,880.00                              | Coste de elaboración de una jornada formativa | Se estiman dos meses para la planificación de los trabajos, el desarrollo del contenido, la creación de la formación, y otro mes para la coordinación de contenidos e implementación |
| 2. Generación de concursos de innovación e ideación dirigidas hacia mujeres agrícolas en el sector con mentorías gratuitas.  | INDAP   | Participación en los concursos (número de personas)    | 1  | 4,290.00                               | Horas de consultoría                          | Se considera un coste asociado al diseño del concurso, la promoción y difusión y la logística interna de 60 horas  |
| 3. Implementación del enfoque de género en el diseño de materiales de difusión (visual y escrito) y técnicas   | INDAP   | Redacción del documento (sí/no)                        | 4  | 11,000.00                              | Redacción de guía de uso                      | Se considera el coste asociado a la redacción de un documento guía basado en el enfoque de género en el diseño de contenidos   |
| 4. Inclusión de cuota de género de capacitadoras mujeres dentro de los programas de capacitaciones y comités a desarrollarse en el Plan Acción Tecnológico           | INDAP   | Cuota de mujeres en capacitaciones sobre el total      | -  | -                                      | -   | No se considera ningún coste asociado a la medida. Dicha consideración tendrá que ser tenida en cuenta al elaborar las capacitaciones  |
| 5. Investigación de seguimiento y monitoreo de percepciones de mujeres rurales agrícolas respecto a su rol en el sector silvoagropecuario y en el uso de tecnologías | INDAP   | Número de personas participantes en la encuesta        | 6  | 34,100.00                              | Elaboración de encuesta                       | Se considera un coste asociado a la realización de una encuesta para valorar la percepción de la mujer dentro del sector agrícola  |
| <b>Subtotal A5</b>   |   |  |  | <b>72,270.00</b>                       | -   | -  |

|                            |   |
|----------------------------|---|
| <b>Acción</b>              | <b>A6. Articular alianzas público-privadas con empresas de telecomunicaciones que favorezca la inversión y el despliegue de infraestructura de conectividad en áreas rurales.</b> |
| <b>Riesgos y supuestos</b> | Poca aplicación o escaso uso de la red creada   |
| <b>Criterios de éxito</b>  | Ampliación del tejido productivo en regiones rurales como consecuencia de la infraestructura de conectividad  |

| Fuentes de financiamiento  |  | Banco Interamericano de Desarrollo, Green Climate Fund, Fundación para la Innovación Agraria, Food and Agriculture Organization of the United Nations |                                     |                                 |  |   |
|--|--|---|-------------------------------------|---------------------------------|--|---|
| Actividades específicas  | Organismo responsable                                    | Indicadores para el seguimiento de la ejecución   | Plazo estimado de ejecución (meses) | Presupuesto por actividad (USD) | Concepto del coste de la actividad   | Justificación del coste   |
| 1. Diagnóstico de zonas rurales agrícolas que requieran conectividad para establecer dónde deberán enfocarse los fondos y esfuerzos, así como el despliegue de la infraestructura  | MINAGRI<br>Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones | Superficie requerida (km <sup>2</sup> )   | 6                                   | 22,000.00                       | Estudio de viabilidad técnica  | Se considera el estudio de necesidades en base al diagnóstico y la identificación de sensores y dispositivos de riego inteligente                           |
| 2. Desarrollo de un plan estratégico de conectividad, donde se evidencien las necesidades de conectividad en zonas rurales agrícolas y se establezca cómo se abordarán estas necesidades mediante alianzas público-privada | MINAGRI<br>Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones | Acceso a internet y otros servicios básicos por región  | 4                                   | 45,636.36                       | Horas de consultoría   | Se estima un coste asociado a la contratación de servicios para la digitalización y sostenibilidad del comercio rural                                       |
| 3. Desarrollo de análisis de alternativas y opciones de tecnologías de conectividad  | MINAGRI<br>Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones | -   | -                                   | -                               | -  | El análisis de alternativas e implementación de la conectividad se contabilizan de manera conjunta en la acción siguiente                                   |
| 4. Materialización de la conectividad  | MINAGRI<br>Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones | Cobertura de la red de fibra y banda ancha  | 24                                  | -                               | Servicio de instalación y configuración del servicio (\$/hogar abastecido) | Se estima un coste de instalación del servicio de 76,3 millones de € que garantizará el acceso a banda ancha de al menos 100 Mbps a 1,3 millones de hogares |
| <b>Subtotal A6</b>   |  |   |                                     | <b>67,636.36</b>                | -  | -   |

Fuente: Elaboración propia.

### 3.5.2.2. Tecnología 1: *Machine learning* para optimizar el rendimiento de la actividad agrícola

Para el desarrollo del PAT de la tecnología de machine learning se estima un costo de USD. A continuación, la Tabla 11 presenta la estimación de los costos de cada actividad específica, el organismo responsable de su implementación, y por ende su seguimiento y monitoreo, los indicadores para el reporte, el plazo estimado de ejecución (propuesto en meses), el concepto de coste de la actividad, que hace referencia como se materializará la actividad específica, y la justificación del coste, donde se detallan los supuestos realizados para la estimación.

**Tabla 11. Tabla de planificación de las acciones para la implementación de las actividades de la tecnología 1**

| Acción   | A1. Articular la evaluación de la priorización de las tecnologías de Machine Learning   |   |                                     |                                 |  |   |
|--|---|---|-------------------------------------|---------------------------------|--|---|
| <b>Prioridad</b>   | Importante  |   |                                     |                                 |  |   |
| <b>Riesgos y supuestos</b>   | Posible pérdida de puestos de trabajo en el sector como consecuencia del uso de la IA   |   |                                     |                                 |  |   |
| <b>Criterios de éxito</b>  | Incremento de la productividad del sector agrícola  |   |                                     |                                 |  |   |
| <b>Fuentes de financiamiento</b>   | Banco Interamericano de Desarrollo, Green Climate Fund, Fundación para la Innovación Agraria, Food and Agriculture Organization of the United Nations |   |                                     |                                 |  |   |
| Actividades específicas  | Organismo responsable   | Indicadores para el seguimiento de la ejecución                   | Plazo estimado de ejecución (meses) | Presupuesto por actividad (USD) | Concepto del coste de la actividad                 | Justificación del coste   |
| 1. Diagnóstico y levantamiento del estado de arte de la inteligencia artificial en el sector agrícola  | MINAGRI<br>MinCiencias  | Número de tareas automatizadas con IA                             | 4                                   | 8,580.00                        | Estudio técnico                                    | Se considera el estudio de diagnóstico de la IA en el sector agrícola   |
| 2. Creación de un comité multidisciplinario para la discusión y formulación de políticas públicas del uso de inteligencia artificial en el sector agrícola | ETICC   | Jornadas o eventos de para el fomento de la tecnología realizados | 12                                  | 27,500.00                       | Asistencia técnica para la dinamización del comité | Servicio de asistencia para la creación de eventos, jornadas y el fomento de otro tipo de eventos que permitan la difusión de conocimiento y nuevas ideas dentro del sector |
| 3. Generación de espacios informativos sobre los beneficios de la implementación de la tecnología en el sector agrícola                                    | MINAGRI   | Entradas relacionadas con la IA en redes sociales                 | 4                                   | 22,000.00                       | Campaña de comunicación                            | Se estiman 4 meses en total dedicados a la difusión de contenido en redes sociales  |
| 4. Inserción de la temática de inteligencia artificial dentro de la Estrategia de Desarrollo y Transferencia Tecnológica para el Cambio Climático (EDTTCC) | MinCiencias   | Personas participantes en el comité                               | 12                                  | 8,580.00                        | Horas de consultoría                               | Se estima un coste total asociado a la creación de una comisión que desarrolle el contenido relacionado con la IA y estudie la forma de integración en la EDTTCC            |
| 5. Generación de propuesta de política del uso de inteligencia artificial dentro del sector agrícola   | MinCiencias   | Número de impactos de la IA en el sector agrícola                 | 4                                   | 22,880.00                       | Estudio técnico                                    | Se estima un coste asociado a la elaboración de un estudio de diagnóstico   |
| <b>Subtotal A1</b>   |   |   |                                     | <b>102,190.00</b>               | -  | -   |

|   |   |   |  |  |   |  |
|---|---|---|--|--|---|--|
| <b>Acción</b>   | <b>A2. Fomentar el cofinanciamiento para la implementación, operación y mantenimiento de la tecnología</b>  |   |  |  |   |  |
| <b>Prioridad</b>  | Importante  |   |  |  |   |  |
| <b>Riesgos y supuestos</b>  | Incumplimiento de plazos o de los acuerdos alcanzados   |   |  |  |   |  |
| <b>Criterios de éxito</b>   | Diversificación de las fuentes de financiación para asegurar la viabilidad de la inversión  |   |  |  |   |  |
| <b>Fuentes de financiamiento</b>  | Banco Interamericano de Desarrollo, Green Climate Fund, Fundación para la Innovación Agraria, Food and Agriculture Organization of the United Nations |   |  |  |   |  |
| <b>Actividades específicas</b>  | <b>Organismo responsable</b>  | <b>Indicadores para el seguimiento de la ejecución</b>                | <b>Plazo estimado de ejecución (meses)</b> | <b>Presupuesto por actividad (USD)</b> | <b>Concepto del coste de la actividad</b> | <b>Justificación del coste</b>   |
| 1. Análisis financiero y estudio de prefactibilidad que evalúe la rentabilidad de proyectos de implementación de machine learning | ODEPA   | TIR y VAN de la inversión   | 6  | 38,500.00                              | Estudio de viabilidad técnica y económica | Se estima el coste asociado a la realización de un estudio de viabilidad técnica y económica   |
| 2. Identificación de programas de subvenciones y fondos públicos e internacionales aplicables                                     | FIA   | Número de agentes prioritarios identificados                          | 2  | 8,580.00                               | Horas de consultoría                      | Se estiman 80 horas en concepto de benchmarking para identificar fuentes de financiación y colaboraciones y analizar la viabilidad de las distintas alternativas |
| 3. Modelo de gestión: sostenibilidad (mantenimiento y funcionamiento), gobernanza y gestión                                       | ODEPA   | Cobeneficios identificados  | 6  | 22,880.00                              | Horas de consultoría                      | Se estiman 320 horas en concepto de definición de objetivos, estrategia y planificación del modelo de gestión  |
| 4. Alianza público-privadas-académicas para la inserción (instalación) de la tecnología   | ODEPA   | Participación de las empresas públicas sobre el total de la inversión | 4  | 14,300.00                              | Horas de consultoría                      | Se estiman 200 horas para la búsqueda de acuerdos, basada en identificación de agentes, programación de reuniones y la concreción de propuestas                  |
| 5. Procesamiento de la data y establecimiento de un programa machine learning dentro de la Red Agroclimática                      | ODEPA   | Número de nuevos modelos creados                                      | 12   | 32,450.00                              | Horas de consultoría                      | Se estima un coste de 29.500€ para la asistencia técnica en analítica de datos para proyectos del sector agricultura, pesca y alimentación                       |
| <b>Subtotal A2</b>  |   |   |  | <b>116,710.00</b>                      | -   | -  |

Fuente: Elaboración propia.

### 3.5.2.3. Tecnología 2: Sistema de irrigación inteligente (SII) para la agricultura rural

Para el desarrollo del PAT de la tecnología de sistema de irrigación inteligente se estima un costo de 315,649.77 USD. A continuación, la Tabla 12 presenta la estimación de los costos de cada actividad específica, el organismo responsable de su implementación, y por ende su seguimiento y monitoreo, los indicadores para el reporte, el plazo estimado de ejecución (propuesto en meses), el concepto de coste de la actividad, que hace referencia como se materializará la actividad específica, y la justificación del coste, donde se detallan los supuestos realizados para la estimación.

**Tabla 12. Tabla de planificación de las acciones para la implementación de las actividades de la tecnología 2**

| Acción  | A1. Promover y fortalecer los mecanismos de financiamiento para la implementación de sistemas de irrigación inteligente                               |   |                                     |                                 |                                    |  |
|---|---|---|-------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|--|
| Prioridad   | Crítica   |   |                                     |                                 |                                    |  |
| Riesgos y supuestos   | Dependencia de las opciones de financiamiento, falta de convenios o mecanismos para la financiación   |   |                                     |                                 |                                    |  |
| Criterios de éxito  | Estudio de opciones de financiación internacional   |   |                                     |                                 |                                    |  |
| Fuentes de financiamiento   | Banco Interamericano de Desarrollo, Green Climate Fund, Fundación para la Innovación Agraria, Food and Agriculture Organization of the United Nations |   |                                     |                                 |                                    |  |
| Actividades específicas   | Organismo responsable   | Indicadores para el seguimiento de la ejecución                       | Plazo estimado de ejecución (meses) | Presupuesto por actividad (USD) | Concepto del coste de la actividad | Justificación del coste  |
| 1. Diagnóstico de la cantidad y tipo de sensores y dispositivos específicos necesarios para el funcionamiento de un sistema de irrigación inteligente | INIA  | Caudal de consumo de agua por tipología de sensor (m <sup>3</sup> /h) | 4                                   | 8,580.00                        | Horas de consultoría               | Se estiman 120 horas en concepto de benchmarking para la identificación de sensores y dispositivos de riego inteligente  |
| 2. Diagnóstico de existencia y necesidad de riego tecnificado en la agricultura rural   | INIA<br>INDAP   | Superficie requerida para riego (m <sup>2</sup> )                     | 4                                   | 27,500.00                       | Estudio de viabilidad técnica      | Se considera el estudio de necesidades en base al diagnóstico y la identificación de sensores y dispositivos de riego inteligente                                |
| 3. Análisis financiero para la compra de sensores y dispositivos específicos necesarios   | INIA<br>FIA   | TIR y VAN de la inversión   | 3                                   | 22,000.00                       | Estudio de viabilidad técnica      | Se estima el coste asociado a la realización de un estudio de viabilidad técnica   |
| 4. Identificación de programas de subvenciones y fondos públicos o internacionales aplicables   | INIA<br>FIA   | Porcentaje de financiación a través de fondos públicos                | 2                                   | 8,580.00                        | Horas de consultoría               | Se estiman 80 horas en concepto de benchmarking para identificar fuentes de financiación y colaboraciones y analizar la viabilidad de las distintas alternativas |

|   |               |  |   |                   |                         |    |  |
|---|---------------|--|---|-------------------|-------------------------|----|--|
| 5. Modelo de gestión: sostenibilidad financiamiento (mantenimiento y funcionamiento), gobernanza, monitoreo y gestión | INIA          | Cobeneficios identificados                     | 6 | 22,880.00         | Horas consultoría       | de | Se estiman 320 horas en concepto de definición de objetivos, estrategia y planificación del modelo de gestión  |
| 6. Alianza público-privadas para la inserción (instalación) de la tecnología  | ODEPA         | Número de socios prioritarios identificados    | 6 | 17,160.00         | Horas consultoría       | de | Se estiman 240 horas para la definición, negociación y acuerdo de los convenios de colaboración  |
| 7. Convenios / contratos de compra de sensores y equipos  | ODEPA<br>INIA | Porcentaje de la red con riego inteligente (%) | 8 | 85,309.77         | Elaboración de proyecto | de | Se estima un coste asociado al despliegue de una red de sensores para la automatización del sistema de riego y la integración del sistema en plataforma de gestión |
| <b>Subtotal A1</b>  |               |  |   | <b>192,009.77</b> | -                       | -  | -  |

|   |   |  |  |  |   |           |   |
|---|---|--|--|--|---|-----------|---|
| <b>Acción</b>   | <b>A2. Generar recomendaciones en un lenguaje sencillo que brinde acciones de respuesta</b>   |  |  |  |   |           |   |
| <b>Prioridad</b>  | Crítica   |  |  |  |   |           |   |
| <b>Riesgos y supuestos</b>  | Falta de participación activa entre los asistentes al proceso formativo   |  |  |  |   |           |   |
| <b>Criterios de éxito</b>   | Elaborar contenido con perspectiva de género, intercultural y inclusiva   |  |  |  |   |           |   |
| <b>Fuentes de financiamiento</b>  | Banco Interamericano de Desarrollo, Green Climate Fund, Fundación para la Innovación Agraria, Food and Agriculture Organization of the United Nations |  |  |  |   |           |   |
| <b>Actividades específicas</b>  | <b>Organismo responsable</b>  | <b>Indicadores para el seguimiento de la ejecución</b> | <b>Plazo estimado de ejecución (meses)</b> | <b>Presupuesto por actividad (USD)</b> | <b>Concepto del coste de la actividad</b> | <b>de</b> | <b>Justificación del coste</b>  |
| 1. Desarrollo de un protocolo claro y eficiente para la difusión de información (qué hacer, cuándo hacerlo y por qué hacerlo) en un lenguaje sencillo para los/las agricultores con un enfoque territorial, de género e intercultural | INIA  | Redacción del documento (sí/no)                        | 4  | 27,500.00                              | Redacción de protocolo                    | de        | Se considera el coste asociado a la redacción de un documento protocolario basado en la difusión de información |
| 2. Desarrollo de recomendaciones preestablecidas que sirvan como base ante cada nivel   | INIA  | Redacción del documento (sí/no)                        | 4  | 11,000.00                              | Redacción de guía de uso                  | de        | Se considera el coste asociado a la redacción de un documento guía  |

|   |                 |  |   |                  |   |  |
|---|-----------------|--|---|------------------|---|--|
| 3. Capacitación a los agricultores y agriculturas rurales sobre las recomendaciones y su protocolo para el entendimiento del SII (ej. e-learning) | INIA<br>INDAP   | Número de formaciones anuales realizadas   | 3 | 22,880.00        | Coste de elaboración de una jornada formativa     | Se estiman dos meses para la planificación de los trabajos, el desarrollo del contenido, la creación de la formación, y otro mes para la coordinación de contenidos e implementación |
| 4. Difusión del uso de SII mediante materiales visuales (videos cortos, infografías, anuncios radiales, otros)                                    | INIA<br>MINAGRI | Número de documentos audiovisuales creados | 3 | 8,580.00         | Elaboración de material audiovisual para difusión | Se estiman 120 horas en concepto de planificación, desarrollo del contenido audiovisual, producción del contenido, edición y diseño gráfico  |
| <b>Subtotal A2</b>  |                 |  |   | <b>69,960.00</b> | -   | -  |

|   |  |   |  |  |   |  |
|---|--|---|--|--|---|--|
| <b>Acción</b>   | <b>A3. Implementar un programa de concientización y sensibilización sobre los impactos del cambio climático sobre la disponibilidad hídrica para el sector y necesidades de adaptación</b> |   |  |  |   |  |
| <b>Prioridad</b>  | Crítica  |   |  |  |   |  |
| <b>Riesgos y supuestos</b>  | Falta de compromiso, desinterés o resistencia al cambio ante las nuevas necesidades  |   |  |  |   |  |
| <b>Criterios de éxito</b>   | Aprovechar la oportunidad para fomentar la innovación en el sector y la actualización de metodologías  |   |  |  |   |  |
| <b>Fuentes de financiamiento</b>  | Banco Interamericano de Desarrollo, Green Climate Fund, Fundación para la Innovación Agraria, Food and Agriculture Organization of the United Nations                                      |   |  |  |   |  |
| <b>Actividades específicas</b>  | <b>Organismo responsable</b>   | <b>Indicadores para el seguimiento de la ejecución</b>  | <b>Plazo estimado de ejecución (meses)</b> | <b>Presupuesto por actividad (USD)</b> | <b>Concepto del coste de la actividad</b>                       | <b>Justificación del coste</b>   |
| 1. Capacitaciones sobre los impactos de la escasez hídrica en el sector agrícola y sobre prácticas sostenibles para aumentar la resiliencia utilizando los recursos existentes (ej. Escuela de Capacitación Chile Agrícola) | INDAP<br>INIA  | Satisfacción de los asistentes a la jornada de difusión | 3  | 11,440.00                              | Coste de elaboración de una jornada de cuatro seminarios online | 3 meses en total dedicados a la coordinación para desarrollar y elaborar los contenidos de una jornada de 4 seminarios web con 4 ponentes por seminario. Se considera una coste de 10horas por ponente y seminario en concepto de preparación de contenidos, coordinación y realización del seminario. |
| 2. Generación de material didáctico en el que se presenten de manera clara los impactos de la escasez hídrica, los riesgos de no desarrollar mecanismos de adaptación y alternativas para                                   | INDAP<br>INIA  | Número de documentos audiovisuales creados              | 3  | 8,580.00                               | Elaboración de material audiovisual para difusión               | Se estiman 120 horas en concepto de planificación, desarrollo del contenido audiovisual, producción del contenido, edición y diseño gráfico  |

|  |               |   |    |                  |   |   |
|--|---------------|---|----|------------------|---|---|
| mitigar el impacto del estrés hídrico sobre cultivos y otras actividades   |               |   |    |                  |   |   |
| 3. Organización de sesiones de intercambio de experiencias en ferias agrícolas que demuestren los cambios positivos de la inserción de la tecnología | INDAP<br>INIA | Jornadas o eventos de difusión realizados | 12 | 16,500.00        | Asistencia técnica para la dinamización del sector agrícola | Servicio de asistencia para la creación de eventos, jornadas y el fomento de otro tipo de eventos que permitan la difusión de conocimiento y nuevas ideas dentro del sector |
| 4. Organización de campañas que fomenten una cultura de riego en la agricultura a través de medios de comunicación                                   | INDAP<br>INIA | Número de campañas realizadas             | 3  | 17,160.00        | Campaña de comunicación                                     | 3 meses en total dedicados a la coordinación para desarrollar una campaña de comunicación a la propia elaboración del contenido.  |
| <b>Subtotal A3</b>   |               |   |    | <b>53,680.00</b> | -   | -   |

Fuente: Elaboración propia.

### 3.5.2.4. Tecnología 3: Sistema de Alertas Tempranas (SAT) para eventos extremos que afectan la productividad silvoagropecuaria

Para el desarrollo del PAT de la tecnología de sistema de alerta temprana se estima un costo de 599,092.45 USD. A continuación, la Tabla 13 presenta la estimación de los costos de cada actividad específica, el organismo responsable de su implementación, y por ende su seguimiento y monitoreo, los indicadores para el reporte, el plazo estimado de ejecución (propuesto en meses), el concepto de coste de la actividad, que hace referencia como se materializará la actividad específica, y la justificación del coste, donde se detallan los supuestos realizados para la estimación.

**Tabla 13. Tabla de planificación de las acciones para la implementación de las actividades de la tecnología 3**

|                                  |   |  |  |  |   |                                |
|----------------------------------|---|--|--|--|---|--------------------------------|
| <b>Acción</b>                    | <b>A1. Implementar una estrategia que movilice recursos destinados al financiamiento de SAT existentes</b>  |  |  |  |   |                                |
| <b>Prioridad</b>                 | Crítica   |  |  |  |   |                                |
| <b>Riesgos y supuestos</b>       | Dependencia de las opciones de financiamiento, falta de convenios o mecanismos para la financiación   |  |  |  |   |                                |
| <b>Criterios de éxito</b>        | Estudio de opciones de financiación internacional   |  |  |  |   |                                |
| <b>Fuentes de financiamiento</b> | Banco Interamericano de Desarrollo, Green Climate Fund, Fundación para la Innovación Agraria, Food and Agriculture Organization of the United Nations |  |  |  |   |                                |
| <b>Actividades específicas</b>   | <b>Organismo responsable</b>  | <b>Indicadores para el seguimiento de la ejecución</b> | <b>Plazo estimado de ejecución (meses)</b> | <b>Presupuesto por actividad (USD)</b> | <b>Concepto del coste de la actividad</b> | <b>Justificación del coste</b> |

|  |                  |   |    |                   |   |  |
|--|------------------|---|----|-------------------|---|--|
| 1. Diagnóstico de existencia y necesidades de los SAT nacionales agroclimáticos  | ODEPA            | Sistemas de alerta temprana existentes                                | 4  | 8,580.00          | Horas de consultoría                    | Se estiman 80 horas en concepto de benchmarking para la identificación de SAT nacionales   |
| 2. Diagnóstico de los equipos de monitoreo en los territorios donde no exista cobertura del SAT o su fortalecimiento en los territorios existentes | ODEPA CONAF INIA | Número de equipos sin cobertura SAT                                   | 6  | 16,500.00         | Estudio técnico                         | Se considera el estudio de diagnóstico de los equipos actuales   |
| 3. Análisis financiero asociado a la extensión de la cobertura de los SAT existentes   | ODEPA CONAF      | TIR y VAN de la inversión   | 2  | 22,000.00         | Estudio de viabilidad económica         | Se estima el coste asociado a la realización de un estudio de viabilidad económica   |
| 4. Identificación de programas de subvenciones y fondos nacionales y/o internacionales aplicables  | ODEPA CONAF FIA  | Porcentaje de financiación a través de fondos públicos                | 2  | 8,580.00          | Horas de consultoría                    | Se estiman 80 horas en concepto de benchmarking para identificar fuentes de financiación y colaboraciones y analizar la viabilidad de las distintas alternativas                                   |
| 5. Modelo de gestión: sostenibilidad financiamiento (mantenimiento y funcionamiento), gobernanza, gestión  | ODEPA            | Cobeneficios identificados  | 6  | 22,880.00         | Horas de consultoría                    | Se estiman 320 horas en concepto de definición de objetivos, estrategia y planificación del modelo de gestión  |
| 6. Alianza público-privadas para la inserción (instalación) de la tecnología   | ODEPA CONAF      | Participación de las empresas públicas sobre el total de la inversión | 6  | 14,300.00         | Horas de consultoría                    | Se estiman 200 horas para la búsqueda de acuerdos, basada en identificación de agentes, programación de reuniones y la concreción de propuestas  |
| 7. Convenios y/o contratos de compra de equipos para extender la cobertura de los SAT  | ODEPA CONAF      | Número de puntos de monitorización                                    | 6  | 17,160.00         | Horas de consultoría                    | Se estiman 240 horas para la definición, negociación y acuerdo de los convenios de colaboración  |
| 8. Conexión de nuevos puntos de monitoreo a las redes SAT  | ODEPA CONAF      | Cobertura de los nuevos puntos sobre el total                         | 12 | 187,252.45        | Servicio de instalación y mantenimiento | Se estima el coste asociado al suministro y servicio de instalación y mantenimiento de sensores y alerta temprana para ampliación y mejora del sistema de detección de incendios en región boscosa |
| <b>Subtotal A1</b>   |                  |   |    | <b>297,252.45</b> | -                                       | -  |

|   |   |  |  |  |   |  |
|---|---|--|--|--|---|--|
| <b>Acción</b>   | <b>A2. Generar recomendaciones en un lenguaje sencillo para agricultores/as y ganaderos/as rurales que brinde acciones preventivas y específicas</b>  |  |  |  |   |  |
| <b>Prioridad</b>  | Importante  |  |  |  |   |  |
| <b>Riesgos y supuestos</b>  | Dependencia de las opciones de financiamiento, falta de convenios o mecanismos para la financiación   |  |  |  |   |  |
| <b>Criterios de éxito</b>   | Estudio de opciones de financiación internacional y de las distintas posibilidades energéticas  |  |  |  |   |  |
| <b>Fuentes de financiamiento</b>  | Banco Interamericano de Desarrollo, Green Climate Fund, Fundación para la Innovación Agraria, Food and Agriculture Organization of the United Nations |  |  |  |   |  |
| <b>Actividades específicas</b>  | <b>Organismo responsable</b>  | <b>Indicadores para el seguimiento de la ejecución</b> | <b>Plazo estimado de ejecución (meses)</b> | <b>Presupuesto por actividad (USD)</b> | <b>Concepto del coste de la actividad</b>         | <b>Justificación del coste</b>   |
| 1. Desarrollo de un protocolo claro y eficiente para la difusión de información (qué hacer, cuando hacerlo, por qué hacerlo) en un lenguaje sencillo de acuerdo con las necesidades de los/las agropecuarios con un enfoque territorial | CONAF   | Redacción del documento (sí/no)                        | 4  | 27,500.00                              | Redacción de protocolo                            | Se considera el coste asociado a la redacción de un documento protocolario basado en la difusión de información  |
| 2. Desarrollo de recomendaciones preventivas y reactivas específicas preestablecidas que sirvan como base ante cada nivel del SAT   | CONAF   | Redacción del documento (sí/no)                        | 4  | 11,000.00                              | Redacción de guía de uso                          | Se considera el coste asociado a la redacción de un documento guía   |
| 3. Capacitación a los agricultores y agricultoras rurales sobre las recomendaciones y su protocolo para el entendimiento del SAT (ej, e-learning)   | CONAF   | Número de formaciones anuales realizadas               | 3  | 22,880.00                              | Coste de elaboración de una jornada formativa     | Se estiman dos meses para la planificación de los trabajos, el desarrollo del contenido, la creación de la formación, y otro mes para la coordinación de contenidos e implementación |
| 4. Difusión del uso de SAT (videos cortos, infografías, anuncios radiales, otros)   | CONAF   | Número de documentos audiovisuales creados             | 3  | 8,580.00                               | Elaboración de material audiovisual para difusión | Se estiman 120 horas en concepto de planificación, desarrollo del contenido audiovisual, producción del contenido, edición y diseño gráfico  |
| <b>Subtotal A2</b>  |   |  |  | <b>69,960.00</b>                       | -   | -  |

|   |   |   |  |  |  |  |
|---|---|---|--|--|--|--|
| <b>Acción</b>   | <b>A3. Capacitar al personal encargado de los reportes de difusión de alertas tempranas en un lenguaje sencillo</b>                                   |   |  |  |  |  |
| <b>Prioridad</b>  | Crítica   |   |  |  |  |  |
| <b>Riesgos y supuestos</b>  | Percepción como aspecto poco prioritario por parte del personal técnico   |   |  |  |  |  |
| <b>Criterios de éxito</b>   | Desarrollo de un programa formativo que dé respuesta a las necesidades del personal técnico   |   |  |  |  |  |
| <b>Fuentes de financiamiento</b>  | Banco Interamericano de Desarrollo, Green Climate Fund, Fundación para la Innovación Agraria, Food and Agriculture Organization of the United Nations |   |  |  |  |  |
| <b>Actividades específicas</b>  | <b>Organismo responsable</b>  | <b>Indicadores para el seguimiento de la ejecución</b>            | <b>Plazo estimado de ejecución (meses)</b> | <b>Presupuesto por actividad (USD)</b> | <b>Concepto del coste de la actividad</b>            | <b>Justificación del coste</b>   |
| 1. Conformación de Comités Locales de Gestión del Riesgo Agroclimático con los servicios públicos (INIA, INDAP, CONAF, SAG, otros), y considerando la participación de actores de las Mesas agroclimáticas participativas (MAP) | CONAF<br>SENAPRED   | Jornadas o eventos de difusión realizados dentro del comité local | 12   | 15,400.00                              | Asistencia técnica para la dinamización comité local | Servicio de asistencia para la creación de eventos, jornadas y el fomento de otro tipo de eventos entre los principales agentes involucrados   |
| 2. Desarrollo de capacitaciones al personal [quienes están encargadas del SAT] en tanto al protocolo desarrollado   | CONAF   | Número de formaciones anuales realizadas                          | 3  | 22,880.00                              | Coste de elaboración de una jornada formativa        | Se estiman dos meses para la planificación de los trabajos, el desarrollo del contenido, la creación de la formación, y otro mes para la coordinación de contenidos e implementación |
| <b>Subtotal A3</b>  |   |   |  | <b>38,280.00</b>                       | -  | -  |

|                                  |   |  |  |  |   |                                |
|----------------------------------|---|--|--|--|---|--------------------------------|
| <b>Acción</b>                    | <b>A4. Implementar una estrategia de difusión de alertas tempranas para los silvoagropecuarios rurales</b>  |  |  |  |   |                                |
| <b>Prioridad</b>                 | Importante  |  |  |  |   |                                |
| <b>Riesgos y supuestos</b>       | Repercusión de costes indirectos sobre las empresas   |  |  |  |   |                                |
| <b>Criterios de éxito</b>        | Implementación dentro del sector silvoagropecuario de las ventajas del sistema  |  |  |  |   |                                |
| <b>Fuentes de financiamiento</b> | Banco Interamericano de Desarrollo, Green Climate Fund, Fundación para la Innovación Agraria, Food and Agriculture Organization of the United Nations |  |  |  |   |                                |
| <b>Actividades específicas</b>   | <b>Organismo responsable</b>  | <b>Indicadores para el seguimiento de la ejecución</b> | <b>Plazo estimado de ejecución (meses)</b> | <b>Presupuesto por actividad (USD)</b> | <b>Concepto del coste de la actividad</b> | <b>Justificación del coste</b> |

|  |                |  |    |                   |   |   |
|--|----------------|--|----|-------------------|---|---|
| 1. Ampliación del sistema de alerta de riesgo de desastre para que incluya la alerta temprana agroclimática en concordancia con el PANCC SAP         | CONAF<br>ODEPA | Número de avisos anuales                   | 14 | 185,020.00        | Servicio de instalación y mantenimiento           | Se estima un coste asociado al suministro, instalación y mantenimiento de sondas para un sistema de alerta temprana para sistemas de control industrial |
| 2. Difusión del funcionamiento e importancia de los sistemas de alerta temprana agroclimática con un enfoque territorial, de género e intercultural. | ODEPA<br>CONAF | Número de documentos audiovisuales creados | 3  | 8,580.00          | Elaboración de material audiovisual para difusión | Se estiman 120 horas en concepto de planificación, desarrollo del contenido audiovisual, producción del contenido, edición y diseño gráfico             |
| <b>Subtotal A4</b>   |                |  |    | <b>193,600.00</b> | -   | -   |

Fuente: Elaboración propia.

Cabe resaltar que los costos estimados presentados para cada acción y actividad específica, asociados a la implementación de las distintas tecnologías, son aproximaciones iniciales y están sujetos a cambios. Estas cifras se han calculado tomando en cuenta escenarios generales y pueden variar en función de las condiciones específicas de cada proyecto, las dinámicas de mercado, las innovaciones tecnológicas, los cambios regulatorios, entre otros factores. Por lo tanto, deben ser considerados como referencias preliminares y no como cifras definitivas. Se recomienda realizar análisis de costos más detallados y adaptados a las circunstancias particulares de cada implementación para obtener estimaciones más precisas y ajustadas a la realidad de cada proyecto.

## 3.6. Planificación de la gestión

### 3.6.1. Medidas de gestión para el riesgo

Esta sección se dedica a identificar, evaluar y desarrollar estrategias para mitigar los riesgos que puedan surgir durante la implementación y operación de las tecnologías seleccionadas para la gestión de recursos silvoagropecuarios.

En ese sentido se han identificado los siguientes tipos de riesgos, tanto para el sector como para la implementación de cada tecnología (ver Tabla 14).

**Tabla 14. Tipos de riesgos identificados para el sector**

| Tipo de riesgo        | Descripción  |
|-----------------------|--|
| <b>Ambientales</b>    | Asociados con impactos negativos en el medio ambiente. Pueden incluir la contaminación, la degradación de ecosistemas, la pérdida de biodiversidad y los efectos del cambio climático. En proyectos específicos, estos riesgos pueden estar relacionados con la construcción y operación de infraestructuras.  |
| <b>Económico</b>      | Asociados a la posibilidad de que un proyecto o una empresa enfrenten cambios adversos en las condiciones económicas o financieras que puedan afectar negativamente su rendimiento, viabilidad o rentabilidad. Por ejemplo, fluctuaciones en los mercados financieros, cambios en la demanda, inflación y variación de precios, riesgos crediticios, entre otros.  |
| <b>Implementación</b> | Asociado a desafíos y obstáculos que pueden surgir durante la fase de ejecución de un proyecto. Incluyen retrasos en el cronograma, problemas logísticos, errores en la gestión del proyecto, y dificultades en la coordinación entre diferentes partes interesadas. Estos riesgos pueden afectar la capacidad de completar el proyecto a tiempo, dentro del presupuesto y de acuerdo con las especificaciones planificadas.   |
| <b>Tecnológicos</b>   | Asociados con la adopción y uso de nuevas tecnologías. Pueden incluir fallas técnicas, obsolescencia, incompatibilidad con sistemas existentes y problemas de ciberseguridad. Estos riesgos son especialmente relevantes en proyectos que dependen de tecnologías avanzadas o innovadoras (por ejemplo, machine learning).   |
| <b>Financiamiento</b> | Asociados con la obtención y gestión de fondos para un proyecto. Incluyen la incertidumbre sobre la disponibilidad de financiamiento, fluctuaciones en los costos, y riesgos relacionados con la gestión de presupuestos y flujos de efectivo. La inestabilidad financiera o cambios en las condiciones del mercado pueden también influir en estos riesgos.   |
| <b>Sociales</b>       | Asociados con los impactos de un proyecto en las comunidades locales y la sociedad en general. Incluyen la oposición, resistencia o rechazo de la comunidad, conflictos sociales, problemas de equidad y justicia social, y posibles impactos negativos en la calidad de vida. Este riesgo es relevante porque las tecnologías se han priorizado para comunidades rurales y zonas aisladas, por lo que la aceptación social y el apoyo comunitario son cruciales para el éxito a largo plazo de estos proyectos. |
| <b>Regulatorios</b>   | Asociados con cambios en las leyes, regulaciones o políticas que pueden afectar la viabilidad o el funcionamiento de un proyecto. Incluyen la incertidumbre en cuanto a la obtención de permisos, cumplimiento de normativas ambientales o de seguridad, y posibles cambios en la legislación que puedan impactar las operaciones del proyecto o sus costos.   |

Fuente: Elaboración propia.

Posterior a la identificación de los riesgos, se deben proponer acciones de contingencia, que consisten en proporcionar respuestas predefinidas y estrategias de acción para los posibles escenarios de riesgo identificados. Su inclusión se basa en el reconocimiento de que, a pesar de los esfuerzos de planificación y análisis, siempre existen incertidumbres y variables desconocidas que pueden afectar el curso del proyecto.

A continuación la Tabla 15 especifica cada riesgo identificados para el sector, su descripción y su acción de contingencia.

**Tabla 15. Análisis de riesgos y acciones de contingencia del sector silvoagropecuario**

| Tipo de riesgo        | Riesgo identificado  | Descripción del riesgo  | Acción de contingencia   |
|-----------------------|--|---|--|
| <b>Económicos</b>     | Incremento en costos operativos y de mantenimiento                             | Costos más altos de lo esperado en la operación y mantenimiento de tecnologías avanzadas.                                       | Reservas financieras para gastos operativos adicionales y evaluación continua de eficiencia operativa.                             |
|                       | Fluctuación de los costos de productos agropecuarios.                          | Variabilidad en los precios de mercado de los productos agropecuarios, afectando la rentabilidad.                               | Diversificación de cultivos y productos y uso de contratos de precio fijo cuando sea posible.                                      |
| <b>Implementación</b> | Retrasos en implementación por desafíos logísticos o falta de capacitación.    | Demoras en la adopción y puesta en marcha de tecnologías por falta de conocimiento técnico o problemas logísticos               | Capacitación intensiva para personal y planificación logística detallada.  |
|                       | Limitaciones en la infraestructura rural para nuevas tecnologías.              | Falta de infraestructura adecuada en zonas rurales para soportar nuevas tecnologías como sistemas de riego inteligente.         | Inversiones en infraestructura básica y programas de subvenciones para modernización.  |
| <b>Tecnológicos</b>   | Dependencia de tecnologías importadas.   | Riesgo de no poder mantener o reparar tecnologías avanzadas debido a la dependencia de conocimientos o componentes extranjeros. | Fomentar la investigación y el desarrollo local de tecnologías y establecer alianzas con proveedores locales para soporte técnico. |
|                       | Fallos en la adaptación de tecnología a condiciones locales.                   | Tecnologías que no se adaptan adecuadamente a las condiciones climáticas y geográficas locales.                                 | Realizar pruebas piloto y estudios de adaptabilidad antes de la implementación.  |
|                       | Obsolescencia rápida de tecnologías agrícolas.                                 | Inversiones en tecnología que rápidamente se vuelven obsoletas debido al avance tecnológico.                                    | Planificación de actualizaciones tecnológicas y seguimiento de tendencias del mercado.   |
|                       | Fallos o mal funcionamiento de tecnologías digitales.                          | Vulnerabilidades en sistemas basados en tecnología digital.   | Implementación de protocolos de ciberseguridad y mantenimiento técnico regular.  |
| <b>Financiamiento</b> | Inseguridad en la financiación continua.                                       | Posible disminución o interrupción del flujo de fondos para proyectos.  | Diversificación de fuentes de financiación y establecimiento de planes de financiamiento alternativo                               |
|                       | Inestabilidad en el apoyo gubernamental para proyectos de tecnología agrícola. | Cambios en las políticas gubernamentales que resultan en la reducción de la financiación para proyectos tecnológicos.           | Buscar múltiples fuentes de financiamiento y crear un fondo de reserva.  |
| <b>Sociales</b>       | Percepciones negativas sobre la gestión y uso de nuevas tecnologías.           | Comunidades locales se oponen por falta de comprensión o miedo a cambios.   | Implementar estrategias de comunicación efectivas y desmentir mitos.   |

| Tipo de riesgo     | Riesgo identificado  | Descripción del riesgo  | Acción de contingencia  |
|--------------------|--|---|---|
|                    | Resistencia al cambio tecnológico en la agricultura tradicional. | Resistencia de los agricultores a adoptar nuevas tecnologías debido a las tradiciones y el desconocimiento.         | Campañas de sensibilización y formación para demostrar los beneficios y facilidad de uso de las nuevas tecnologías. |
| <b>Ambientales</b> | Impactos no previstos en el medio ambiente.                      | Tecnologías podrían tener efectos ambientales no anticipados.   | Evaluaciones de impacto ambiental y planes de mitigación.   |
|                    | Eventos climáticos extremos.                                     | Incremento en la frecuencia e intensidad de eventos extremos como sequías o inundaciones que afectan la producción. | Implementación de prácticas de manejo agrícola resiliente y sistemas de alerta temprana.                            |

Fuente: Elaboración propia.

Los riesgos identificados para cada tecnología son:

- Para ML se identificaron riesgos de implementación, en relación con errores en la recopilación de datos agrícolas y su análisis. Sociales con resistencia a la adopción de la tecnología por parte de los agricultores, y tecnológicos debido a las dificultades de adaptar los algoritmos a las condiciones específicas de las áreas agrícolas.
- Para SII, se han identificado riesgos de tipo económicos, debido a costos elevados para la implementación y operación, de tipo ambiental, pues se haría uso de una gran cantidad de agua, y tecnológicos, dado que existen limitaciones de conectividad en áreas rurales para poder soportar sistemas de irrigación inteligente.
- Para aplicación de SAT se ha identificado riesgos de implementación por dificultades en la interpretación y aplicación de alertas por parte de los usuarios, de tipo regulatorio, por las normativas desactualizadas para sistemas de alerta temprana. Otro riesgo de tipo tecnológico, dado que pueden existir posibles errores en la predicción de eventos extremos relacionados con los modelos predictivos.

La Tabla 16 especifica cada riesgo identificado, su descripción y su acción de contingencia.

**Tabla 16. Análisis de riesgo de las tecnologías priorizadas del sector**

| Tipo de riesgo  | Riesgo identificado  | Descripción del riesgo   | Acción de contingencia  |
|---|--|--|---|
| <b>Tecnología 1: Machine learning para optimizar el rendimiento de la actividad agrícola y forestal</b> |  |  |   |
| <b>Implementación</b>   | Fallos en la recolección y análisis de datos agrícolas.                                | Errores o insuficiencias en la recopilación de datos agrícolas necesarios para alimentar y optimizar los sistemas de machine learning. | Mejora en los métodos y herramientas de recopilación de datos, y formación de personal en técnicas de recopilación y análisis de datos. |
| <b>Sociales</b>   | Resistencia a la adopción de machine learning por parte de agricultores tradicionales. | Escepticismo o rechazo de agricultores tradicionales hacia la implementación de tecnología de machine learning en sus prácticas.       | Campañas de sensibilización y formación, demostraciones prácticas y estudios de caso exitosos para mostrar beneficios tangibles.        |

|  |   |  |   |
|--|---|--|---|
| <b>Tecnológico</b>   | Incompatibilidad de modelos de machine learning con realidades agrícolas locales. | Dificultades en la adaptación de algoritmos y modelos de machine learning a las condiciones y variaciones específicas de las áreas agrícolas y forestales locales. | Desarrollo y entrenamiento de modelos específicos a cada región, utilizando datos locales y retroalimentación continua de los usuarios. |
| <b>Tecnología 2: Sistema de Irrigación Inteligente (SII) para la agricultura rural</b>                                       |   |  |   |
| <b>Económicos</b>  | Costos elevados de implementación y operación.                                    | Inversión inicial y costos operativos significativos para la instalación y mantenimiento de sistemas de irrigación inteligente                                     | Buscar subvenciones y financiamiento, así como opciones de leasing o modelos de servicio  |
| <b>Ambientales</b>   | Uso excesivo o ineficiente de recursos hídricos.                                  | Potencial sobreexplotación de recursos hídricos debido a un manejo inadecuado o fallas en los sistemas de irrigación inteligente.                                  | Monitoreo constante del uso del agua y ajuste de sistemas basados en datos climáticos y del suelo.                                      |
| <b>Tecnológicos</b>  | Limitaciones de conectividad en áreas rurales.                                    | Falta de infraestructura de conectividad adecuada en zonas rurales para soportar sistemas de irrigación inteligente.   | Explorar soluciones de conectividad alternativas como redes de baja potencia y larga distancia (LPWAN).                                 |
| <b>Tecnología 3: Sistema de Alertas Tempranas (SAT) para eventos extremos que afectan la productividad silvoagropecuaria</b> |   |  |   |
| <b>Implementación</b>  | Dificultades en la interpretación y aplicación de alertas.                        | Falta de entendimiento o mal uso de la información proporcionada por los SAT por parte de los usuarios.  | Capacitación y educación continua para usuarios sobre cómo interpretar y actuar en base a las alertas.                                  |
| <b>Regulatorios</b>  | Normativas desactualizadas para sistemas de alerta temprana.                      | Regulaciones existentes no cubren completamente los aspectos operativos y de seguridad de los sistemas de alerta temprana.   | Colaboración con autoridades para actualizar y desarrollar normativas que abarquen completamente los SAT.                               |
| <b>Tecnológicos</b>  | Confiabilidad y precisión de las predicciones de eventos extremos.                | Posibles errores o limitaciones en la predicción de eventos extremos, afectando la efectividad del SAT.  | Mejora continua en modelos predictivos y retroalimentación constante con datos reales.  |

Fuente: Elaboración propia.

### 3.6.2. Próximos pasos

Esta sección identifica las necesidades inmediatas y los pasos críticos necesarios para el éxito del PAT, y la ejecución estratégica de las acciones propuestas.

**Tabla 17. Identificación de las necesidades inmediatas y pasos críticos**

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| <b>Necesidades inmediatas</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>El PAT debe aprobarse por la contraparte para que pueda incorporarse dentro de los Planes Sectoriales del sector Silvoagropecuario, el cual se encuentra en etapa de consulta pública.</li> <li>Asegurar los fondos iniciales necesarios para comenzar las actividades prioritarias. Esto podría incluir la obtención de compromisos financieros de fuentes gubernamentales, privadas, cooperativas, asociaciones de productores o internacionales.</li> <li>Identificar y asignar el equipo necesario para liderar y ejecutar las primeras etapas del TAP.</li> <li>Implementar estrategias de comunicación para informar a todas las partes interesadas sobre los objetivos y beneficios del TAP, para promover la implementación de las tecnologías priorizadas.</li> </ul> |
| <b>Pasos críticos</b>         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Lanzar proyectos piloto para demostrar la viabilidad y efectividad de las tecnologías y prácticas propuestas.</li> <li>Desarrollar estrategias para garantizar la viabilidad financiera a largo plazo de las iniciativas del TAP, incluyendo la exploración de modelos de financiamiento innovadores.</li> </ul>   |

- |  |   |
|--|---|
|  | <ul style="list-style-type: none"><li>• Realizar actividades de sensibilización y entrenamiento de capacidades para difundir las tecnologías seleccionadas con los actores claves del sector.</li></ul> |
|--|---|

Fuente: Elaboración propia.

### 3.7. Reporte y monitoreo

Esta sección propone aspectos a considerar para la evaluación del progreso e identificación de áreas de mejora con el fin de garantizar que los objetivos del PAT se están cumpliendo.

En ese sentido, esta sección contempla los siguientes componentes:

- **Periodo e indicadores:** Definir en qué periodo se implementará cada actividad específica (meses, años) y bajo que indicador se medirá su progreso. Esto ha si detallado en las tablas de la sección 3.5.2. Estimación de costos de acciones y actividades.
- **Responsabilidades y roles:** Asignar responsabilidades a los encargados de las actividades específicas. A estos organismos les corresponderá reportar el progreso de la actividad, mediante la elaboración de informes, incluyendo qué equipos o individuos serán responsables de recopilar, analizar y reportar datos. Esto está detallado en las tablas de la sección 3.5.2. Estimación de costos de acciones y actividades.
- **Contenido del reporte:** Especificar qué información se incluirá en los informes, como avances en actividades específicas, uso de recursos y logro de hitos. Se sugiere que estos reportes se publiquen en las plataformas institucionales de los actores claves.
- **Evaluación y ajuste:** Describir cómo se evaluarán los datos recopilados y cómo se utilizarán para hacer ajustes necesarios en la implementación del PAT.

La información generada a través del sistema de seguimiento del PAT se utilizará para recopilar y compartir sistemáticamente experiencias sobre cómo y si los sectores han podido atraer apoyo financiero y técnico para la implementación de cada PAT. Esto constituiría una buena base para que otros países aprendan unos de otros, reproduzcan experiencias de éxito y lecciones aprendidas. Permitirá promover una mayor implementación de los PAT y mejorar la participación de las partes interesadas dentro de cada país.

## 4. Ideas de proyecto

### 4.1. Idea de proyecto tecnología 1: Piloto de Machine Learning en sistemas productivos mixtos de una cuenca de la región de Maule

El piloto busca desarrollar un modelo predictivo que permita mejorar la toma de decisiones en las unidades productivas seleccionadas, con el fin de optimizar su rendimiento. Deberá ser implementado en una área delimitada que cuente con predios productivos caracterizados por su diversidad de especies agrícolas, lo que favorece el entrenamiento del sistema y su escalabilidad en un área más grande caracterizada por la presencia de los cultivos con los que se ha ajustado el modelo.. Adicionalmente, es importante que los predios seleccionados se encuentren dentro de la misma cuenca para monitorear el impacto del proyecto sobre el balance hídrico de la cuenca.

Se definió como lugar de implementación la región del Maule debido a la variabilidad climática que presenta a lo largo del año, considerando periodos de condiciones extremas con altas temperaturas y sequías, así como periodos de fuertes lluvias torrenciales. Esta variabilidad favorece también el entrenamiento del modelo de machine learning con una amplia diversidad de datos.

#### 4.1.1. Objetivos

Fortalecer el levantamiento de información agroclimática en el sector silvoagropecuario de la región de Maule para mejorar la toma de decisiones.

#### 4.1.2. Actividades y cronograma del proyecto

Para el desarrollo del piloto de machine learning para mejorar la eficiencia de cultivos en una cuenca de la región del Maule se proponen las siguientes actividades:

**Tabla 18. Actividades y cronograma de la idea de proyecto de la tecnología 1**

| Actividades  | Actores claves                                   | Meses de implementación |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
|--|--|-------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
|  |  | 1                       | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| <b>Definición de variables</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Identificar las variables clave que deben ser monitoreadas</li> <li>Revisión e identificación de aquellas variables que ya se monitorean en la región (Sea por entidades públicas y/o privadas)</li> <li>Definición de aquellas variables que deberán monitorearse en el piloto</li> </ul> | Ministerio de Agricultura INIA                   |                         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| <b>Concertación con propietarios</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Definir los predios a intervenir</li> <li>Establecer acuerdos de cooperación con propietarios de predios para autorizar la toma de datos e integrarlos a la actividad</li> </ul>   | Ministerio de Agricultura                        |                         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| <b>Adquisición e instalación de equipos</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Identificación de dispositivos (sensores, drones) que se utilizarán en el piloto</li> <li>Compra de dispositivos y equipos</li> <li>Instalación de dispositivos y equipos en campo</li> </ul>   | Ministerio de Agricultura, Entidades financieras |                         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |

|   |  |  |
|---|--|--|
| <b>Diseño y entrenamiento del modelo</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Selección y configuración de los algoritmos de machine learning</li> <li>• Desarrollo de la arquitectura del modelo</li> <li>• Ajuste y validación del modelo con datos históricos</li> <li>• Integración del modelo en el entorno de producción</li> <li>• Monitoreo en campo y ajustes según sea necesario</li> </ul> | Conjunto de expertos en Machine Learning, INIA |  |
| <b>Evaluación continua</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitoreo a mediano y largo plazo<sup>2</sup> del rendimiento del modelo</li> <li>• Realimentación y ajustes según la retroalimentación de los usuarios</li> </ul>  | Ministerio de Agricultura                      |  |

Fuente: Elaboración propia.

### 4.1.3. Relación con las prioridades del país

La idea de proyecto en la región del Maule responde a diversas prioridades establecidas en el país, como:

- Esta tecnología contribuye a adaptar los cultivos a las nuevas condiciones climáticas, por lo cual se alinea con la meta 8 del componente de adaptación de la NDC donde se plantea fortalecer la capacidad de adaptación a los riesgos relacionados con el clima, y la capacidad de gestión ante los efectos adversos que causan los desastres socio-naturales en el país.
- Optimiza el uso de pesticidas y fertilizantes en la producción agrícola y se alinea con la medida del sector agricultura planteada en la NDC sobre brindar asistencia técnica al uso eficiente de fertilizantes.
- Se alinea con la medida 9 del Plan de Adaptación al Cambio Climático del Sector Silvoagropecuario (2013), donde se plantea fomentar el uso de sistemas de cultivo para la reducción del estrés térmico, y en las acciones para desarrollar este medida se propone desarrollar alternativas tecnológicas que permitan mejorar el rendimiento y viabilidad de los cultivos bajo condiciones de estrés térmico.

### 4.1.4. Co-beneficios del proyecto

#### Ambientales:

- Optimización del uso de recursos necesarios para la producción agrícola, como el agua, fertilizantes, pesticidas, entre otros, y minimizando los impactos ambientales negativos asociados a estos.
- Reducción de pérdidas de cultivos causadas por aparición de plagas y enfermedades debido a que la tecnología analiza los datos en tiempo real e históricos de datos meteorológicos en el cual se toma en cuenta el incremento de temperaturas y variación de precipitaciones que tienen a favorecer el crecimiento de estas plagas.

#### Socioeconómicos:

<sup>2</sup> Las actividades de monitoreo se consideran a lo largo del proyecto y no se restringe al término de la programación de actividades.

- La implementación del piloto favorecerá la creación de instancias participativas al involucrar a los propietarios de los predios en la toma de datos para alimentar el modelo de Machine Learning.
- El proyecto brindará capacitaciones a los agricultores y agricultoras locales en la región de Maule sobre el uso de la tecnología, prácticas agrícolas sostenibles, gestión del agua, entre otros, lo cual permitirá fortalecer sus conocimientos sobre el tema y gestionar de mejor manera sus sistemas productivos.
- Empoderamiento de los habitantes rurales tanto hombres como mujeres en roles técnicos y científicos incluyendo su participación en el desarrollo, entrenamiento y mantenimiento del modelo predictivo.
- El proyecto permitirá fortalecer capacidades en la región para generar información que resulte útil a nivel territorial.
- El proyecto beneficiará a los agricultores de subsistencia a optimizar el rendimiento de sus cultivos y ser eficientes en la forma de regar los cultivos, sin tener que estar realizando más veces de la necesaria.
- Debido a la variabilidad climática en la región del Maule, el proyecto ayudaría a los agricultores a adaptarse mejor ante las condiciones cambiantes. De esta manera, se tendría una mayor resiliencia ante eventos extremos, reduciendo así el riesgo de pérdidas y daños económicos asociadas.
- Al mejorar la calidad, consistencia y sostenibilidad de los productos agrícolas y forestales, los productores de la región de Maule podrían acceder a mercados internacionales más exigentes y competitivos, aumentando la exportación de productos de alta calidad.

#### Tecnológico:

- El desarrollo y la implementación de tecnologías como Machine Learning en el sector agroforestal de la región del Maule fomentan la innovación y transferencia tecnológica, esto a su vez influye en el crecimiento de inversiones en la región.

#### 4.1.5. Presupuesto del proyecto

Para la implementación de esta idea de proyecto se estiman un costo de 533.000 USD.

**Tabla 19. Estimación de costos de la idea de proyecto de la tecnología 1**

| Actividad               | Subactividad  | Concepto de costeo                       | Valor (USD) | Supuestos   |
|-------------------------|---|--|-------------|---|
| Definición de variables | Identificar las variables clave que deben ser monitoreadas  | Contratación de servicios de consultoría | 18.000,00   | Implica investigación y análisis para identificar las variables clave, lo que requiere expertos en agricultura, análisis de datos, gestión de recursos naturales y agronomía. |
|                         | Revisión e identificación de aquellas variables que ya se monitorean en la región (Sea por entidades públicas y/o privadas) |  |             |   |
|                         | Definición de aquellas variables que deberán monitorearse en el piloto  |  |             |   |
|                         | Definir los predios a intervenir  |  | 18.000,00   |   |

| Actividad                                   | Subactividad  | Concepto de costeo  | Valor (USD) | Supuestos   |
|---|---|---|-------------|---|
| <b>Concertación con propietarios</b>        | Establecer acuerdos de cooperación con propietarios de predios para autorizar la toma de datos e integrarlos a la actividad | Incluye negociaciones y acuerdos con los propietarios de los predios.   |             | Posiblemente requiera servicios legales y de consultoría.   |
| <b>Adquisición e instalación de equipos</b> | Identificación de dispositivos (sensores, drones) que se utilizarán en el piloto  | Dron agrícola de alta gama con capacidad de pulverizar y cubrir áreas extensas = 200.000 USD<br>Sensor agrícola con capacidad de medir humedad, temperatura, conductividad, pH y conectividad inalámbrica = \$ 300 USD / Unidad<br>La instalación y calibración se estima en 20% del valor de los equipos aproximadamente | 247.000,00  | Se estima la vinculación de 100 HA en diferentes sistemas productivos y se calcula 2 sensores cada 10 HA. Se requiere de mano de obra especializada para instalar, calibrar equipos y viáticos para salir a campo.                          |
|   | Compra de dispositivos y equipos  |   |             |   |
| <b>Diseño y entrenamiento del modelo</b>    | Selección y configuración de los algoritmos de machine learning   | Expertos en desarrollo funcional del modelo y adquisición de hardware, software y licencias necesarias.   | 150.000,00  |   |
|   | Desarrollo de la arquitectura del modelo  |   |             |   |
|   | Ajuste y validación del modelo con datos históricos   |   |             |   |
|   | Integración del modelo en el entorno de producción  |   |             |   |
| <b>Evaluación continua</b>                  | Monitoreo a mediano y largo plazo del rendimiento del modelo  | 30% del valor de los equipos y del diseño funcional   | 100.000,00  | El costo de ajuste del modelo dependerá de las condiciones específicas de los cultivos y las áreas seleccionadas. Incluye el mantenimiento + la operación del Machine Learning y los equipos (drones y sensores) + Reposición y calibración |
|   | Realimentación y ajustes según la retroalimentación de los usuarios   |   |             |   |
| <b>TOTAL</b>                                |   |   | 533.000,00  | Se estima un proyecto de mediano a gran tamaño para monitoreo (> a 50 HA)   |

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.6. Medidas de gestión de riesgo

La implementación del piloto de Machine Learning en sistemas productivos mixtos de una cuenca en la región de Maule presenta varios riesgos y desafíos, detallados a continuación, junto con sus correspondientes medidas de gestión.

- a) La falta de retorno económico podría comprometer la sostenibilidad del proyecto, siendo crucial desarrollar un plan de negocios robusto y explorar fuentes de financiamiento externo.
- b) La carencia de datos para la evaluación del piloto podría obstaculizar la implementación y escalabilidad del modelo, haciendo necesario establecer estrategias para la recopilación continua de datos.
- c) La limitada accesibilidad a información de teledetección de alta resolución plantea un desafío tecnológico, requiriendo la búsqueda de alternativas y asociaciones con instituciones o empresas privadas que posean estos datos.
- d) Establecer acuerdos con propietarios de predios y garantizar beneficios mutuos se presenta como un desafío social y legal, por lo que es necesario desarrollar acuerdos legales que beneficien a ambas partes y establezcan responsabilidades.
- e) La necesidad de una plataforma para gestionar y visualizar la información destaca la importancia de desarrollar una infraestructura tecnológica robusta previo y durante la implementación del piloto.
- f) Finalmente, la resistencia de los y las agricultoras de subsistencia a adoptar nuevas tecnologías podría complicar la implementación, demandando estrategias efectivas de capacitación y sensibilización.

## **4.2. Idea de proyecto tecnología 2: Sistema de Alerta Temprana completo en Ñuble-Biobío**

El piloto implementaría un sistema de alerta temprana multiusuario modular, en un territorio donde se encuentren todas las actividades silvoagropecuarias (forestal, agrícola, frutícola, ganadera).

Esta idea considera fortalecer la red de alertas con radares y sensores a diferentes profundidades del suelo, que permitan el modelamiento de nuevas variables, de utilidad para cada uno de los subsectores descritos. Dentro del proyecto se deben considerar los mecanismos de comunicación con los sectores productivos, socializar el tipo de información que se recibirá, y asegurar las acciones o respuestas que deben tomar los sectores antes las alertas recibidas.

### **4.2.1. Objetivos**

Implementar un sistema de alerta temprana modular mediante la integración de radares y sensores para mejorar la detección y anticipación de eventos adversos en el sector silvoagropecuario de la región de Ñuble - Biobío.

### **4.2.2. Actividades y cronograma del proyecto**

Para el desarrollo de un sistema de alerta temprana multiusuario modular en Ñuble-Biobío se proponen las siguientes actividades:

**Tabla 20. Actividades y cronograma de la idea de proyecto de la tecnología 2**

| Actividades   | Actores claves                               | Meses de implementación |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
|---|--|-------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|
|   |  | 1                       | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| <b>Definición del alcance</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Establecer reuniones con los diferentes actores para establecer objetivos y alcance del proyecto considerando factores como la factibilidad económica</li> </ul>   | Ministerio de Agricultura (INIA)             |                         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
| <b>Análisis de requerimientos</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Identificar de manera detallada las necesidades y especificaciones del sistema de alerta temprana</li> </ul>   | INIA, ODEPA, INFOR, CORMA                    |                         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
| <b>Adquisición e instalación de equipos</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Identificación de dispositivos que se utilizarán en el piloto</li> <li>Compra de dispositivos y equipos</li> <li>Instalación de dispositivos y equipos en campo</li> </ul>   | ODEPA, Entidades financieras, INIA           |                         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
| <b>Desarrollo de infraestructura tecnológica</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Implementación de la infraestructura necesaria para la conectividad y procesamiento de datos.</li> </ul>  | Ministerio de Agricultura                    |                         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
| <b>Desarrollo e implementación del modelo de alerta temprana</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Programación y ajuste del modelo de alerta temprana utilizando datos recopilados.</li> <li>Realización de pruebas para verificar la eficacia del sistema en condiciones reales.</li> <li>Capacitación del personal y usuarios clave sobre el uso y beneficios del sistema.</li> <li>Despliegue del sistema completo en la región de Ñuble - Biobío.</li> </ul>  | ODEPA, SENAPRED, CONAF                       |                         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
| <b>Estrategia de difusión</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Elaboración de un plan detallado para la difusión de alertas y resultados del monitoreo.</li> <li>Identificación de canales de comunicación efectivos con la comunidad y los actores involucrados.</li> <li>Integración de canales de comunicación efectivos, como plataformas en línea y medios locales.</li> <li>Puesta en marcha de la estrategia de difusión, incluyendo la creación de materiales informativos y la organización de eventos.</li> </ul> | ODEPA, SENAPRED, CONAF, SECTORES PRODUCTIVOS |                         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |

| Actividades  | Actores claves                               | Meses de implementación |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
|--|--|-------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|
|  |  | 1                       | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| <b>Establecer mecanismos de respuesta</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Llevar a cabo espacios de discusión con expertos en agricultura y gestión de desastres para desarrollar planes de respuesta específicos para cada tipo de alerta.</li> <li>Definir un conjunto de acciones concretas que los agricultores deben seguir ante cada una de las alertas que se emitan.</li> <li>Impartir sesiones de capacitación a los agricultores sobre el funcionamiento del sistema de alertas, la interpretación de las alertas y la ejecución de los planes de respuesta.</li> </ul> | ODEPA, SENAPRED, CONAF, SECTORES PRODUCTIVOS |                         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |

Fuente: Elaboración propia.

### 4.2.3. Relación con la prioridades del país

La idea de proyecto de un sistema de alerta temprana completo en las regiones de Ñuble y Biobío para el silvoagropecuario se relaciona con las siguientes prioridades del país:

- Esta tecnología se alinea con el eje de acción de adaptación de los sistemas humanos del país incluido en el Plan de Acción Nacional de Cambio Climático, en el cual se plantean objetivos sobre adaptarse al cambio climático, mediante la implementación de medidas dirigidas a reducir la vulnerabilidad y aumentar la capacidad adaptativa de los sistemas humanos y naturales del país.
- Esta tecnología se alinea con el objetivo 4 del sector Silvoagropecuario de la ECLP, que busca disminuir la vulnerabilidad y generar resiliencia en el sector silvoagropecuario, potenciando la implementación de medidas de adaptación al cambio climático, para contribuir a la seguridad alimentaria.
- Esta tecnología al poder anticiparse a eventos adversos puede contribuir con la medida 4 del Plan de Adaptación al Cambio Climático del Sector Silvoagropecuario (2013), donde se plantea optimizar el Sistema Nacional para la Gestión de Riesgos Agroclimáticos.
- Esta tecnología se alinea con la medida 6 del Plan de Adaptación al Cambio Climático del Sector Silvoagropecuario (2013), donde se propone adoptar sistemas de alerta y control integrado de plagas y enfermedades.

### 4.2.4. Co-beneficios del proyecto

#### Ambientales:

- Disminución de los impactos sobre los ecosistemas locales al poder anticipar y responder rápidamente ante eventos como incendios, plagas o sequías, olas de frío o calor, promoviendo la conservación de los cultivos, plantaciones forestales, praderas para ganados y bosques.
- Gestión eficiente y sostenible de recursos como agua, suelo y biodiversidad debido a la implementación de radares y sensores para monitorear diferentes variables ambientales, reduciendo la sobreexplotación y el impacto ambiental.

### Socioeconómicas:

- Facilitará decisiones rápidas con toda la información estimada y dará paso a la implementación de planes de respuesta ante eventos adversos, permitiendo una evacuación segura de las comunidades rurales y urbanas de las regiones Ñuble y Biobío, convirtiéndolas en territorios más resilientes.
- Mejora de la coordinación entre entidades de las regiones Ñuble y Biobío sobre la anticipación de eventos adversos que afecten a ambos.
- El proyecto brindará capacitación al personal y usuarios clave, tanto hombres como mujeres agrícolas y ganaderas sobre el uso y beneficios del sistema de alerta temprana.
- Mejora de la salud pública al reducirse el riesgo de enfermedades relacionadas con la exposición a contaminantes en el agua o plagas.
- Al mejorar la detección y anticipación de eventos adversos con los sistemas de alerta temprana, se puede minimizar la pérdida de cultivos y recursos forestales lo que conlleva al aumento de productividad y rentabilidad de las actividades silvoagropecuarias en las regiones.
- Reducción de pérdidas económicas derivadas de eventos adversos como incendios forestales, inundaciones, sequía, plagas o enfermedades ya que los agricultores reciben alertas tempranas y tienen tiempo para tomar medidas preventivas.
- La existencia de un SAT puede facilitar el acceso a seguros agrícolas y financiamiento para productores. Las instituciones financieras y las compañías de seguros pueden utilizar los datos del SAT para evaluar los riesgos en el territorio.

### Tecnológicas:

- La implementación y operación de un SAT en las regiones de Ñuble y Biobío puede impulsar la innovación y el desarrollo tecnológico en la agricultura de precisión y la gestión de riesgos.

## 4.2.5. Presupuesto del proyecto

Para la implementación de esta idea de proyecto se estiman un costo de 720.000 USD.

**Tabla 21. Estimación de costos de la idea de proyecto de la tecnología 2**

| Actividad                                   | Subactividad  | Concepto de costeo  | Valor (USD) | Supuestos  |
|---|---|---|-------------|--|
| <b>Definición del alcance</b>               | Establecer reuniones con los diferentes actores para establecer objetivos y alcance del proyecto considerando factores como la factibilidad económica | Contratación servicios de consultoría   | 25.000,00   |  |
| <b>Análisis de requerimientos</b>           | Identificar de manera detallada las necesidades y especificaciones del sistema de alerta temprana   |   |             |  |
| <b>Adquisición e instalación de equipos</b> | Identificación de dispositivos que se utilizarán en el piloto<br>Compra de dispositivos y equipos   | Estaciones meteorológicas: una por cada 1000 HA = 4 * 10.000 USD = 40.000 USD | 400.000,00  | Se estima cubrir un área aproximada de 4000 HA para implementar el Piloto Los costos |

| Actividad  | Subactividad   | Concepto de costeo   | Valor (USD)       | Supuestos  |
|--|--|--|-------------------|--|
|  | Instalación de dispositivos y equipos en campo   | Sensores de Detección de Incendios: un sensor cada 10 HA = 400 * 300 USD = 120.000 USD<br>Cámaras en Torres Elevadas: Una cámara cada 200 HA = 20 * 7500 USD = 150.000 USD |                   | suministrados consideran equipos gama media/alta y los costos de instalación. Se destina 30% para mantenimiento de equipos   |
| <b>Desarrollo de infraestructura tecnológica</b>                 | Implementación de la infraestructura necesaria para la conectividad y procesamiento de datos.  | Expertos en desarrollo funcional del modelo y adquisición de hardware, software y licencias necesarias y desarrollo IoT  | 250.000,00        | Aproximadamente el 30% del valor se destina para operación y mantenimiento   |
| <b>Desarrollo e implementación del modelo de alerta temprana</b> | Programación y ajuste del modelo de alerta temprana utilizando datos recopilados.  |  |                   |  |
|  | Realización de pruebas para verificar la eficacia del sistema en condiciones reales  |  |                   |  |
|  | Capacitación del personal y usuarios clave sobre el uso y beneficios del sistema.  |  |                   |  |
|  | Despliegue del sistema completo en la región de Ñuble - Biobío.  |  |                   |  |
| <b>Estrategia de difusión</b>                                    | Elaboración de un plan detallado para la difusión de alertas y resultados del monitoreo.   | Campaña y elementos divulgativos   | 20.000,00         | Generación de contenidos e implementación de campaña divulgativa.  |
|  | Identificación de canales de comunicación efectivos con la comunidad y los actores involucrados.   |  |                   |  |
|  | Integración de canales de comunicación efectivos, como plataformas en línea y medios locales.  |  |                   |  |
|  | Puesta en marcha de la estrategia de difusión, incluyendo la creación de materiales informativos y la organización de eventos  |  |                   |  |
| <b>Establecer mecanismos de respuesta</b>                        | Llevar a cabo espacios de discusión con expertos en agricultura y gestión de desastres para desarrollar planes de respuesta específicos para cada tipo de alerta.                | Contratación servicios de consultoría  | 25.000,00         | Equipo de trabajo necesario para la articulación y coordinación de actividades, generación de espacios (+catering) y sesiones de capacitación que incluye desplazamientos de actores clave y sus respectivos viáticos. |
|  | Definir un conjunto de acciones concretas que los agricultores deben seguir ante cada una de las alertas que se emitan.  |  |                   |  |
|  | Impartir sesiones de capacitación a los agricultores sobre el funcionamiento del sistema de alertas, la interpretación de las alertas y la ejecución de los planes de respuesta. |  |                   |  |
| <b>Total</b>   |  |  | <b>720.000,00</b> |  |

Fuente: Elaboración propia.

#### **4.2.6. Medidas de gestión de riesgo**

La implementación del proyecto de sistema de alertas tempranas presenta varios riesgos y desafíos, detallado a continuación, junto con sus correspondientes medidas de gestión.

- a) Para asegurar el cumplimiento de estándares normativos para las estaciones meteorológicas, es necesario realizar una revisión exhaustiva de los requisitos normativos, colaborando con autoridades competentes y manteniendo registros actualizados.
- b) La necesidad de fortalecer las capacidades de instituciones locales debe abordarse mediante el desarrollo de programas específicos y la cooperación entre las instituciones involucradas.
- c) La funcionalidad continua de las estaciones de monitoreo debe garantizar mediante el desarrollo de planes regulares de mantenimiento preventivo y acuerdos de colaboración.
- d) Para validar la precisión y eficacia de las herramientas de modelación, deben realizarse pruebas y validaciones continuas, incorporando expertos para ajustar y mejorar los modelos.
- e) Para asegurar una estrategia de comunicación efectiva es necesario identificar canales confiables y crear materiales informativos claros y comprensibles.
- f) La falta de conectividad en zonas remotas deberán explorarse opciones de conectividad alternativas y establecer planes de contingencia.

### **4.3. Idea de proyecto tecnología 3: Modernización de las herramientas tecnológicas para la eficiencia hídrica**

Los sistemas de irrigación inteligente requieren de la integración de múltiples datos, esencialmente la necesidad hídrica de los cultivos, la humedad atmosférica y del suelo. Actualmente, las dos primeras variables son monitoreadas bajo la Red Agrometeorológica de Chile.

La necesidad hídrica de los cultivos es monitoreada y reportada en la Plataforma Agrícola Satelital (PLAS) donde los agricultores registrados pueden obtener dicha información según la ubicación de predios productivos, por otro lado, la información relacionada a la humedad atmosférica es monitoreada y reportada en la plataforma de la Dirección Meteorológica de Chile Meteochile.

Por lo anterior, el piloto de modernización de las herramientas tecnológicas para la eficiencia hídrica busca complementar la información requerida para el funcionamiento eficiente de sistemas de irrigación inteligente en las 3 macrozonas del territorio nacional, implementando un sistema de monitoreo que incluya las condiciones de humedad del suelo.

#### **4.3.1. Objetivos**

Complementar las fuentes de información existentes para aumentar la eficiencia hídrica en la actividad agrícola en las diferentes macrozonas del país.

#### **4.3.2. Actividades y cronograma del proyecto**

Para el desarrollo de esta idea de proyecto se proponen las siguientes actividades:

**Tabla 22. Actividades y cronograma de la idea de proyecto de la tecnología 3**

| Actividades  | Actores claves  | Meses de implementación |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|--|---|-------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|  |   | 1                       | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| <b>Análisis de requerimientos</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Identificar y documentar los requisitos específicos tanto para el monitoreo de humedad del suelo como para los sistemas de irrigación inteligente.</li> <li>Realizar entrevistas con agricultores, expertos en irrigación y otros stakeholders para comprender las necesidades y expectativas</li> </ul>  | Ministerio de Agricultura (INIA), CIREN                     |                         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <b>Identificación y adquisición de equipos</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Investigar y evaluar tecnologías existentes tanto para el monitoreo de humedad del suelo como para sistemas de irrigación inteligente.</li> <li>Selección de las tecnologías más adecuadas y compatibles de acuerdo con las condiciones de cada una de las macrozonas.</li> <li>Elaborar diseños detallados de los sistemas de monitoreo y de irrigación inteligente.</li> <li>Compra de dispositivos y equipos</li> </ul> | INIA, CIREN   |                         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <b>Pruebas piloto del sistema de monitoreo</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Implementar el sistema de monitoreo en ubicaciones representativas de las 3 macrozonas.</li> <li>Recopilar datos y realizar pruebas de funcionamiento.</li> <li>Realizar ajustes necesarios del sistema de monitoreo.</li> </ul>   | INIA, ODEPA, CIREN  |                         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <b>Integración con Plataformas Existentes</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Establecer conexiones y protocolos de comunicación con la Red Agrometeorológica de Chile, PLAS y Meteochile.</li> <li>Realizar pruebas y ajustes necesarios para asegurar la interoperabilidad y la coherencia de los datos entre las plataformas.</li> </ul>   | Ministerio de Agricultura, Dirección Meteorológica de Chile |                         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <b>Pruebas piloto del sistema de irrigación inteligente</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Implementar los sistemas de irrigación inteligente en predios de un conjunto de agricultores seleccionados por cada una de las macrozonas.</li> <li>Monitorear y ajustar el riego según los datos recopilados y la retroalimentación de los agricultores.</li> </ul>  | INIA, CNR   |                         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <b>Capacitación para el manejo del sistema de irrigación</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Elaborar documentación detallada sobre el funcionamiento y manejo del sistema.</li> </ul>  | INIA, INDAP   |                         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |

| Actividades  | Actores claves | Meses de implementación |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|--|----------------|-------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|  |                | 1                       | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Proporcionar capacitación a los usuarios finales, agricultores y personal encargado del monitoreo.</li> </ul>   |                |                         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <b>Evaluación y ajuste del sistema</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Evaluar los resultados de la implementación del sistema</li> <li>Realizar ajustes en el sistema según la retroalimentación de los usuarios y los datos recopilados.</li> </ul> | INIA, DGA      |                         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |

Fuente: Elaboración propia.

### 4.3.3. Relación con las prioridades del país

La idea de proyecto de contar con un sistema de irrigación inteligente se relacionada a las siguientes prioridades del país:

- Esta tecnología se alinea con el objetivo 4 del sector Silvoagropecuario de la ECLP, que busca disminuir la vulnerabilidad y generar resiliencia en el sector silvoagropecuario, potenciando la implementación de medidas de adaptación al cambio climático, para contribuir a la seguridad alimentaria.
- Esta tecnología se alinea con la medida 1 del Plan de Adaptación al Cambio Climático del Sector Silvoagropecuario, donde se propone fortalecer la planificación y gestión de recursos hídricos a nivel nacional para optimizar el uso del agua en la agricultura.

### 4.3.4. Co-beneficios del proyecto

#### Ambientales:

- Uso sostenible del agua debido al funcionamiento eficiente de los sistemas de irrigación inteligente.
- Al monitorear y ajustar las prácticas de irrigación en función de las condiciones específicas del suelo tomando en cuenta sus condiciones de humedad, esto permite reducir el riesgo de erosión y degradación del suelo.

#### Sociales:

- Seguridad alimentaria y nutricional gracias a la modernización tecnológica y eficiencia hídrica, lo cual aumenta la producción de alimentos de manera sostenible.
- Fortalecimiento de agricultores y ganaderos, tanto hombres como mujeres, a través de la adquisición de conocimientos y herramientas proporcionadas durante las capacitaciones.
- La modernización de herramientas tecnológicas para la eficiencia hídrica brinda oportunidades para la participación activa de mujeres en el sector agrícola. Al mejorar las prácticas de riego, las mujeres pueden desempeñar un papel crucial en la gestión del agua en las unidades productivas.

- A través de la modernización, se garantiza que tanto mujeres como hombres en el sector agrícola tengan acceso equitativo a información actualizada sobre la necesidad hídrica de los cultivos y las condiciones de humedad del suelo.

#### Económicos:

- Disminución de los costos asociados al uso racional del agua, energía e insumos.
- La adopción de prácticas de gestión hídrica sostenible y tecnologías avanzadas puede agregar valor a los productos agrícolas en mercados locales internacionales.

### 4.3.5. Presupuesto del proyecto

Para la implementación de esta idea de proyecto se estiman un costo de 321,000 USD.

**Tabla 23. Estimación de costos de la idea de proyecto de la tecnología 3**

| Actividad                               | Subactividad   | Concepto de costo   | Valor (USD) | Supuestos   |
|---|--|---|-------------|---|
| Análisis de requerimientos              | Identificar y documentar los requisitos específicos tanto para el monitoreo de humedad del suelo como para los sistemas de irrigación inteligente. | Contratación de servicios de consultoría  | 17,500.00   | Contratación de expertos. Incluiría tiempo de personal para planificar, conducir y analizar las entrevistas.                      |
|   | Realizar entrevistas con agricultores, expertos en irrigación y otros stakeholders para comprender las necesidades y expectativas                  |   |             |   |
| Identificación y adquisición de equipos | Investigar y evaluar tecnologías existentes tanto para el monitoreo de humedad del suelo como para sistemas de irrigación inteligente              | Contratación de servicios de consultoría para investigación, selección y diseños = 25.000 USD<br>Sensores: 10*HA * 200 USD (costo promedio) * 30 HA = 60.000 USD<br>Estación climática: 1* 3 Macrozonas * 2500 USD = 7.500 USD<br>Sistema de riego (incluye programadores y electroválvulas: 3.500 USD * HA = 105.000 USD<br>Sistema de adquisición de datos y software: 1500 USD * Macrozona = 4.500 USD | 202,000.00  | Prueba piloto en tres macrozonas: Se asume desplazamientos y horas de trabajo especializada. Pruebas piloto de 10 HA * Macrozona. |
|   | Selección de las tecnologías más adecuadas y compatibles de acuerdo con las condiciones de cada una de las macrozonas.                             |   |             |   |
|   | Elaborar diseños detallados de los sistemas de monitoreo y de irrigación inteligente.  |   |             |   |
|   | Compra de dispositivos y equipos   |   |             |   |
|   | Implementar el sistema de monitoreo en ubicaciones   | Instalación = 21.000 USD  | 18,000.00   | La instalación se calcula en 30% valor  |

| Actividad  | Subactividad   | Concepto de costo  | Valor (USD)       | Supuestos  |
|--|--|--|-------------------|--|
| <b>Pruebas piloto del sistema de monitoreo</b>               | representativas de las 3 macrozonas.   | Pruebas y ajustes y ajustes = 6.000 USD  |                   | de Sensores, Estación Climática y Sistema de Adquisición de Datos.<br>Las pruebas y los ajustes se calculan para las tres macrozonas |
|  | Recopilar datos y realizar pruebas de funcionamiento.  |  |                   |  |
|  | Realizar ajustes necesarios del sistema de monitoreo.  |  |                   |  |
| <b>Integración con Plataformas Existentes</b>                | Establecer conexiones y protocolos de comunicación con la Red Agrometeorológica de Chile, PLAS y Meteochile                                | Desarrollo de API = 5000 USD<br>Desarrollador especializado = 5.000 USD  | 12,500.00         | Se asume un grado de complejidad bajo  |
|  | Realizar pruebas y ajustes necesarios para asegurar la interoperabilidad y la coherencia de los datos entre las plataformas                | Pruebas y ajustes = 2.500 USD  |                   |  |
| <b>Pruebas piloto del sistema de irrigación inteligente</b>  | Implementar los sistemas de irrigación inteligente en predios de un conjunto de agricultores seleccionados por cada una de las macrozonas. | Instalación = 30.000 USD<br>Pruebas y ajustes y ajustes = 6.000 USD  | 36,000.00         | La instalación se calcula en 30% valor del sistema de riego<br>Las pruebas y los ajustes se calculan para las tres macrozonas        |
|  | Monitorear y ajustar el riego según los datos recopilados y la retroalimentación de los agricultores.                                      |  |                   |  |
| <b>Capacitación para el manejo del sistema de irrigación</b> | Elaborar documentación detallada sobre el funcionamiento y manejo del sistema  | Elaboración documentación y capacitación   | 20,000.00         | Se calculan 3 días de capacitación por macrozona con experto especializado, catering, viáticos y otros elementos.                    |
|  | Proporcionar capacitación a los usuarios finales, agricultores y personal encargado del monitoreo  |  |                   |  |
| <b>Evaluación y ajuste del sistema</b>                       | Evaluar los resultados de la implementación del sistema  | Análisis de datos y evaluación del rendimiento del sistema.<br>Posibles modificaciones de software como hardware | 15,000.00         | Incluye la evaluación de los resultados de la implementación del sistema y ajustes necesarios basados en la retroalimentación        |
|  | Realizar ajustes en el sistema según la retroalimentación de los usuarios y los datos recopilados.   |  |                   |  |
| <b>Total</b>   |  |  | <b>321,000.00</b> | <b>Se dimensiona un proyecto piloto de 10 HA en cada Macrozona</b>   |

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.3.6. Medidas de gestión de riesgo

La implementación del proyecto de modernización de las herramientas tecnológicas para la eficiencia hídrica presenta varios riesgos y desafíos, detallados a continuación, junto con sus correspondientes medidas de gestión.

- a) La totalidad de información requerida para alimentar el sistema puede no ser de carácter público, para ello se propone establecer acuerdos de colaboración con entidades gubernamentales y privadas, diversificando las fuentes de datos.
- b) También puede presentarse desconfianza por parte de los agricultores y por tanto resistencia a la implementación de una nueva tecnología para el riego, para ello, deberán llevarse a cabo sesiones de capacitación y talleres participativos, involucrando líderes comunitarios en la promoción del proyecto.
- c) Considerando que la implementación del proyecto será en áreas rurales, pueden presentarse posibles problemas de conexión a internet que dificulten el intercambio de información del sistema con la nube, por ello, es necesario considerar alternativas de soluciones offline y se colaborará con proveedores para mejorar la infraestructura.

## Referencias bibliográficas

- [1] ODEPA, “Estudio de detección de brechas de información para la elaboración de indicadores de productividad sectorial”, 2017.
- [2] M. Ormazábal, “Manual Mesa Agroclimática Participativa (MAP) – Trabajo comunal, participativo, colaborativo y de construcción para el uso de la información agroclimática en las decisiones productivas prediales.”, 2021.
- [3] K. G.Liakos, P. Busato, D. Moshou, S. Pearson, y D. Bochtis, “Machine Learning in Agriculture: A Review”, 18, ago. 2018. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/s18082674>
- [4] Universidad Autónoma de Chile, “Investigación de la U. Autónoma potencia uso de nuevas tecnologías en la agricultura”, 2022. <https://www.uaautonoma.cl/news/investigacion-de-la-u-autonoma-potencia-uso-de-nuevas-tecnologias-en-la-agricultura/>
- [5] Redagráfica, “La revolución de los datos en la agricultura de precisión: aplicaciones en cultivos de vid”, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://redagricola.com/la-revolucion-de-los-datos-en-la-agricultura-de-precision-aplicaciones-en-cultivos-de-vid-2/>
- [6] P. Oksen y S. Tabrizi, “Agricultura de precisión: datos y tecnología para enfrentar el cambio climático”. BID, 2023. [En línea]. Disponible en: <https://blogs.iadb.org/innovacion/es/agricultura-de-precision-tecnologia-para-enfrentar-el-cambio-climatico/>
- [7] INIA, “INIA desarrollará proyecto de predicción de sequía agrícola utilizando redes neuronales artificiales y sensoramiento remoto satelital”, 2020. Consultado: el 12 de julio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://web.inia.cl/blog/2020/06/23/inia-desarrollara-proyecto-de-prediccion-de-sequia-agricola-utilizando-redes-neuronales-artificiales-y-sensoramiento-remoto-satelital/>
- [8] Coreal Chile, “Inteligencia Artificial aplicada a la agricultura: detección de tipos y evolución de enfermedades en viñedos”. 2020. Consultado: el 12 de julio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://coreal.cl/en/artificial-intelligence-applied-to-agriculture-detection-of-types-and-progress-of-diseases-in-vineyards/>
- [9] O. Bazaluk, V. Havrysh, V. Nitsenko, y Y. Mazur, “Low-Cost Smart Farm Irrigation Systems in Kherson Province: Feasibility Study”, *Agronomy*, vol. 12, núm. 15, 2022, [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/agronomy12051013>
- [10] G. García, “Riego inteligente, tendencia que evoluciona el sector agrícola”, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://thefoodtech.com/seguridad-alimentaria/riego-inteligente-tendencia-que-evolucion-a-el-sector-agricola/>
- [11] Novagric, “Riego Automático”. [En línea]. Disponible en: <https://www.novagric.com/es/riego/sistemas-de-riego/riego-automatico>
- [12] Gobierno de Chile, “Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC) de Chile”, 2020. Consultado: el 31 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: [https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/04/NDC\\_Chile\\_2020\\_espan%CC%83ol-1.pdf](https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/04/NDC_Chile_2020_espan%CC%83ol-1.pdf)
- [13] W. Oyhantçabal y A. G. Rodríguez, “Acción climática en la agricultura: la experiencia de países miembros de la Plataforma de Acción Climática en Agricultura de Latinoamérica y el Caribe”, 2022, [En línea]. Disponible en: [www.issuu.com/publicacionescepal/stacks](http://www.issuu.com/publicacionescepal/stacks)

- [14] Laura. Meza y Meliza. González, *Herramientas para la adaptación y mitigación del cambio climático en el sector agropecuario*. D - FAO, 2000.
- [15] V. Beya et al., "Paquete tecnológico para la optimización del recurso hídrico en pequeños productores de aguacates y cítricos en Chile Central", *Aqua-Lac*, vol. 13, núm. 1, 2021, [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.29104/phi-aqualac/2021-v13-1-02>
- [16] O. Sotomayor, E. Ramírez, y H. Martínez, "Digitalización y cambio tecnológico en las mipymes agrícolas y agroindustriales en América Latina", 2021. Consultado: el 12 de julio de 2023. [En línea]. Disponible en: [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/46965/4/S2100283\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/46965/4/S2100283_es.pdf)
- [17] País circular Chile, "Empresa chilena de tecnología de riego inteligente continua expansión internacional y abre oficinas en Madrid. Empresa e innovación". 2023. Consultado: el 12 de julio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.paiscircular.cl/empresa-e-innovacion/wiseconn-continua-expansion-internacional-y-abre-oficinas-en-madrid/>
- [18] Tafyesa Chile, "Riego inteligente". <http://tfchile.com/Soluciones-Automatizacion-Telegestion-Riego> (consultado el 12 de julio de 2023).
- [19] R. Callejas, "Paquete tecnológico UchileCrea para el control inteligente del riego en sistemas frutícolas", *Revista Aqua-LAC. Vol 13(1)*, 2021. Consultado: el 12 de julio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.29104/phi-aqualac/2021-v13-1-09>
- [20] World Meteorological Organizatio, "Early warnings for all - The UN Global Early Warning Initiative for the implementation of climate adaption", 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.preventionweb.net/media/84612/download?startDownload=true>
- [21] Ministerio de Hacienda, "Reporte de la estimación de los costos fiscales y económicos de la emergencia por los incendios forestales", 2023. [En línea]. Disponible en: [https://www.hacienda.cl/areas-de-trabajo/politicas-macroeconomicas/informes/informe-de-costos-de-incendios-forestales-al-3-de-abril#:~:text=La%20p%C3%A9rdida%20total%20en%20stock,%24%202022%2C7%20millones\).&text=En%20relaci%C3%B3n%20con%20los%20cultivos,Biob%C3%ADo%20y%20de%20la%20Araucan%C3%ADa](https://www.hacienda.cl/areas-de-trabajo/politicas-macroeconomicas/informes/informe-de-costos-de-incendios-forestales-al-3-de-abril#:~:text=La%20p%C3%A9rdida%20total%20en%20stock,%24%202022%2C7%20millones).&text=En%20relaci%C3%B3n%20con%20los%20cultivos,Biob%C3%ADo%20y%20de%20la%20Araucan%C3%ADa).
- [22] CONAF, "FIREWATCH: instalan primer sistema de detección temprana para incendios forestales en la RM", 2023. [En línea]. Disponible en: FIREWATCH: instalan primer sistema de detección temprana para incendios forestales en la RM
- [23] IDE Chile, "Incendios", 2022. <https://idechile.maps.arcgis.com/apps/instant/nearby/index.html?appid=b08c5745c4c74242a4dd72ec24c7bbaa&sliderDistance=2>
- [24] I. Acuña, B. Ingeniera Agrónoma, P. Navarro, G. Ingeniera Agrónoma, y M. Madariaga, "Plagas agrícolas y cambio climático: desafíos y manejo TIERRA ADENTRO · INIA: preparando la agricultura para el Cambio Climático". [En línea]. Disponible en: [www.inia.cl](http://www.inia.cl)
- [25] Fundación para la Innovación Agraria, "Ministerio de Agricultura impulsa acciones de control para la Drosophila suzukii", 2021. [En línea]. Disponible en: <https://opia.fia.cl/601/w3-article-116453.html>

- [26] C. Oberli, J. Gironás, C. Escauriaza, y R. Cienfuegos, “Sistemas de monitoreo y alerta temprana (SMAT), un elemento esencial en la gestión de desastres de origen hidrometeorológico.”, 2021. Consultado: el 12 de julio de 2023. [En línea]. Disponible en: [https://www.cigiden.cl/wp-content/uploads/2021/04/PP\\_SMAT\\_v06-con-ISBN-DIGITAL.pdf](https://www.cigiden.cl/wp-content/uploads/2021/04/PP_SMAT_v06-con-ISBN-DIGITAL.pdf)
- [27] INIA, “Programa de agricultura digital INIA”. 2020. [En línea]. Disponible en: <https://web.inia.cl/expo-inia-2020/agrosistemas-sustentables/agricultura-digital/>
- [28] ODEPA, “Agricultura chilena - Reflexiones y desafíos al 2030”, 2018. Consultado: el 12 de julio de 2023. [En línea]. Disponible en: [https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2018/01/ReflexDesaf\\_2030-1.pdf](https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2018/01/ReflexDesaf_2030-1.pdf)
- [29] ODEPA, “Desafíos en el mercado laboral para el desarrollo de la agricultura chilena”, 2016. [En línea]. Disponible en: <https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2016/12/EstMercLaboralAgricola.pdf>
- [30] ODEPA, “Desafíos en el mercado laboral para el desarrollo de la agricultura chilena”, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2018/01/laboral14parte.pdf>
- [31] ODEPA, “Desafíos de la agricultura y desarrollo rural en Chile”, 2022. [En línea]. Disponible en: [https://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/20.500.13082/147783/ODEPA\\_2022\\_Desafios\\_Agricultura.pdf](https://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/20.500.13082/147783/ODEPA_2022_Desafios_Agricultura.pdf)
- [32] ODEPA, “Potenciales efectos de la agricultura digital sobre el mercado laboral agropecuario”, 2019. Consultado: el 12 de julio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2020/01/InformeAgriculturaDigital2019.pdf>
- [33] A. De Araujo Zanella, E. Da Silva, y L. Pessoa, “Security challenges to Smart agricultura: Current state, key issues and future directions.”, *Journey Array*, vol. 8, 2020, Consultado: el 12 de julio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.array.2020.100048>
- [34] R. Ramírez, “Desigualdad digital, nueva Constitución y la urgencia de más infraestructura más cerca de las personas ¿Qué hacemos?” 2021. Consultado: el 12 de julio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://rodrigoramirezpino.medium.com/desigualdad-digital-nueva-constituci%C3%B3n-y-la-urgencia-de-m%C3%A1s-infraestructura-m%C3%A1s-cerca-de-las-de6b2508c0ac>
- [35] J. Almenara y R. Ortíz, “TIC para la inclusión: una mirada desde Latinoamérica”, *Aula Abierta*, vol. 48, núm. 2, pp. 139–146, 2019.
- [36] Ipsos Public Affairs, “VII ‘Encuesta de Acceso, Usos y Usuarios de Internet’”. Subsecretaría de Telecomunicaciones, 2016.
- [37] Romero, “Mujer y Tecnología”. Federación Estatal de Servicios, Movilidad y Consumo de UGT, 2018.
- [38] División de Estudios y Capacitación en Género, “Mujeres rurales en Chile: Sistematización de algunos elementos”, 2017. Consultado: el 12 de julio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://minmujeryeg.gob.cl/doc/estudios/MMEG-2017-Mujeres-rurales-en-Chile-1.pdf>

- [39] PRODEMU, “Encuesta TIC mujeres”, 2021. Consultado: el 12 de julio de 2023. [En línea]. Disponible en: [https://www.prodemu.cl/wp-content/uploads/2021/estudios/Informe%20Final\\_Articulo\\_Revista\\_DeL\\_Campo\\_AFC.pdf](https://www.prodemu.cl/wp-content/uploads/2021/estudios/Informe%20Final_Articulo_Revista_DeL_Campo_AFC.pdf)
- [40] A. Lavin et al., “Technology readiness levels for machine systems”, *Nature Communication* 13, vol. 6039, 2022, Consultado: el 12 de julio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41467-022-33128-9>
- [41] A. Kamilaris y F. Prenafeta-Boldú, “A review of the use of convolutional neural networks in agriculture”, *J Agric Sci*, vol. 156, pp. 312–322, 2018, Consultado: el 12 de julio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.1017/S0021859618000436>
- [42] R. Osorio, “Predicción del consumo del ancho de banda de las aplicaciones web en la nube nativa basada en Machine Learning”, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, 2020. Consultado: el 12 de julio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/27744/OsorioDiazRamiro2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [43] R. Roberts y C. Weidenslaufer, “Acceso y conectividad a internet. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile”, 2021. Consultado: el 13 de julio de 2023. [En línea]. Disponible en: [https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/32224/2/BCN\\_acceso\\_a\\_internet\\_2021.pdf](https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/32224/2/BCN_acceso_a_internet_2021.pdf)
- [44] G. Silva, B. Llano, A. Cordova, y W. Cunuay-Cuchiye, “Implementación de modelo machine learning aplicado al estudio de enfermedades de café en el centro de investigación sacha wiwa”, *Polo del Conocimiento*, vol. 7, núm. 12, 2021.
- [45] Redagrícola, “Tecnología de riego por demanda para automatización del riego”. 2017. [En línea]. Disponible en: <https://redagricola.com/tecnologia-riego-demanda-automatizacion-del-riego/>
- [46] Chile Atiende, “Financiamiento agrícola - Banco Estado”, 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.chileatiende.gob.cl/fichas/271-financiamiento-agricola>
- [47] La Tercera, Youtube. *Ciclo de conversatorios “Resiliencia hídrica 2023”*, (2023). Consultado: el 13 de julio de 2023. [En línea Video]. Disponible en: [https://www.youtube.com/watch?v=zK26n1\\_tneA](https://www.youtube.com/watch?v=zK26n1_tneA)
- [48] País circular, “Gobierno de Santiago presenta oficialmente al grupo que diseñará el Consejo de Cuenca del río Maipo. Agua/Gobernanza hídrica”, 2023. Consultado: el 13 de julio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.paiscircular.cl/agua/gobierno-de-santiago-presenta-oficialmente-al-grupo-que-disenara-el-consejo-de-cuenca-del-rio-maipo/>
- [49] J. Vasconéz y F. Chamba, “Diseño e implementación de un sistema de riego automatizado y controlado de forma inalámbrica para una finca ubicada en el sector popular de Balerio Estacio”, Universidad Politécnica Salesiana, 2013. Consultado: el 13 de julio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5304/1/UPS-GT000434.pdf>
- [50] Comisión Nacional para la Resiliencia Frente a Desastres de Origen Natural – CREDEN, “Hacia un Chile Resiliente Frente a Desastres: Una oportunidad”, 2016. Consultado: el 12 de julio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://ctci.minciencia.gob.cl/wp->

content/uploads/2017/07/Informe-Hacia-un-Chile-Resiliente-frente-a-Desastres.-Una-Oportunidad-2016.pdf

- [51] Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico CIEFAP, “Capacitación de pilotos de VANT y uso de cámaras para control de incendios”. 2020. Consultado: el 12 de julio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://ciefap.org.ar/index.php/articulo-454>
- [52] A. Casagrande, A. CAVIERES Consultor, H. Gilabert, J. León, A. Robert, y C. Y. Edición, “Prevención de incendios forestales: propuestas para una mirada más efectiva e integral Gerenta general, Corporación Chilena de la Madera”, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://politicaspUBLICAS.uc.cl/content/uploads/2018/12/PDF-Prevencion-de-incendios-3.pdf>
- [53] A. Braimoh, B. Manyena, G. Obuya, y M. Francis, “Assessment of Food Security Early Warning System for East and Southern Africa”, Washington,D.C., 2018. Consultado: el 12 de julio de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10986/29269>
- [54] J. Otkin et al., “Facilitating the use of drought Early Warning Information through interactions with Agricultural Stakeholders”, *Bull Am Meteorol Soc*, vol. 96, núm. 7, 2015, Consultado: el 12 de julio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-14-00219.1>
- [55] S. Best y P. Vargas, “Aplicación de la agricultura tecnológica 4.0”, Chillán, 148, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/4011/NR42318.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

## Anexos

### Anexo 1. Metodología BAEF

La metodología desarrollada para identificar dichas barreras y desarrollar medidas para superarlas se basó en las recomendaciones del documento *Overcoming Barriers to the Transfer and Diffusion of Climate Technologies*. Esta metodología fue modificada en base al contexto nacional distinguiéndose finalmente 4 etapas:

- Identificación de todas las posibles barreras a través de encuestas bibliográficas y lluvias de ideas en un taller virtual con el grupo técnico de silvoagropecuario (ver Box 1).
- Revisión de la lista general de barreras para seleccionar las más esenciales en un taller virtual con el grupo técnico de silvoagropecuario (ver Box 1).
- Descomposición de las barreras esenciales seleccionadas en un análisis de causa – efecto.
- Desarrollo de medidas para superar las barreras traduciendo las barreras en soluciones

Figura 4. Metodología del BAEF



Fuente: Elaboración propia.

#### Box 1. Metodología de dinámicas participativas en el proceso BAEF

El proceso fue llevado a cabo en 2 dinámicas: la validación de las barreras transversales y de cada tecnología, en un taller participativo (Cuarto grupo de trabajo sectorial) con el uso de la plataforma Mural y la clasificación de las barreras esenciales mediante un proceso asincrónico con el uso de una Hoja de Cálculo compartida con los actores claves. A continuación, se explica cada proceso.

- **Dinámica 1. Validación de barreras:** se expusieron las barreras identificadas a partir de revisión bibliográfica para que su validación a cargo de los miembros del grupo técnico. La pregunta realizada fue si la barrera o brecha existente debería mantenerse, modificarse o quitarse. También, se agregaron nuevas barreras al tablero en el que se estaba trabajando. Este proceso se realizó para las barreras transversales y de cada tecnología.

Barreras transversales relacionadas a la gestión de información climática del sector silvoagropecuario

|  | Mantener   | Agregar  | Quitar  |
|--|--|--|---|
| <p><b>Baja integración público-privada que dificulta el desarrollo de actividades de innovación y implementación de nuevas tecnologías en el sector</b></p> <p><b>Falta de coordinación sobre a dónde se envían los fondos, con las necesidades</b></p> <p><b>Baja niveles de especialización y capacitación en la población trabajadora del sector, sobre cómo usar la información y sus datos</b></p> <p><b>La información agroclimática disponible, requiere de análisis técnicos de un especialista para la generación de recomendaciones útiles</b></p> <p><b>Falta de canales de comunicación y difusión de la tecnología</b></p> <p><b>Problemas de manejo de datos e información que pueden generar percepciones de baja fiabilidad hacia tecnologías existentes, como agricultura 4.0</b></p> | <p><b>Escasez de fondos públicos y apoyo financiero para la certificación (Barreras desvalorizadas)</b></p> <p><b>Falta de especialización para el uso de la tecnología (generacional)</b></p> <p><b>Falta de canales de comunicación y difusión de la tecnología (generacional)</b></p> <p><b>No hay un sistema de monitoreo de barreras que permita evaluar el nivel de implementación de las barreras</b></p> | <p><b>Necesidad de movimiento de la información transversal para su uso directamente</b></p> <p><b>Existencia de brechas educativas y económicas que afectan a las mujeres, especialmente en zonas rurales</b></p> <p><b>Existencia de brechas educativas y económicas que afectan a las mujeres, especialmente en zonas rurales</b></p> <p><b>Existencia de brechas educativas y económicas que afectan a las mujeres, especialmente en zonas rurales</b></p> | <p><b>Existencia de brechas educativas y económicas que afectan a las mujeres, especialmente en zonas rurales</b></p> <p><b>Existencia de brechas educativas y económicas que afectan a las mujeres, especialmente en zonas rurales</b></p> <p><b>Existencia de brechas educativas y económicas que afectan a las mujeres, especialmente en zonas rurales</b></p> |

- Dinámica 2. Identificación de barreras esenciales (o categorización).** Los miembros de cada mesa de trabajo sectorial asignaron el nivel de importancia a cada una de las barreras validadas en la anterior dinámica. Para ello, se cada barrera fue categorizada como crucial, importante o poco esencial, de acuerdo con la importancia y prioridad que se le asignaba, como se indica a continuación:

| Clasificación         | Descripción  | Puntuación |
|-----------------------|--|------------|
| Barrera crucial       | Son aquellas que, si no son superadas, la tecnología no será implementada.   | 3          |
| Barrera importante    | Pueden generar retrasos en la introducción de la tecnología.   | 2          |
| Barrera poco esencial | El tipo de barreras que no ponen en riesgo la implementación de la tecnológica. Sin embargo, la superación de estas barreras facilita y potencializa el proceso, incrementando las posibilidades de éxito. | 1          |

| Barreras transversales: Información silvo y agroclimática |   | Pasos:   |                                    |                       |  |                                    |                       |                |                                    |  |               |                                    |
|---|---|--|------------------------------------|-----------------------|--|------------------------------------|-----------------------|----------------|------------------------------------|--|---------------|------------------------------------|
|   |   | Angelina Espinoza  |                                    | Fernando Santibáñez   |  | Felipe de La Hoz                   |                       | Ricardo Adonis |                                    |  |               |                                    |
| Tipo de barrera   | Barreras transversales                    | Justificación  | Nivel de importancia que le asigna | ¿Válida esta barrera? | Justificación  | Nivel de importancia que le asigna | ¿Válida esta barrera? | Justificación  | Nivel de importancia que le asigna | ¿Válida esta barrera?  | Justificación | Nivel de importancia que le asigna |
| 6   | Económico-financiero                      | Baja integración público-privada que dificulta el desarrollo de actividades de innovación y la implementación de nuevas tecnologías en el sector | Crucial                            | Mant.                 | No existen muchas instancias de integración público-privada y cuando las hay no son muchas consultas | Import.                            | Mant.                 | Importante     | Mant.                              | La integración pública-privada existe y se dio en distintas instancias pero en actividades de difusión   | Import.       | Import.                            |
| 7   | Económico-financiero                      | Falta de coordinación sobre a dónde se envían los fondos con las necesidades   | Importante                         | Mant.                 | Los fondos se focalizan sin muchas consultas   | Import.                            | Mant.                 | Importante     | Mant.                              | Correcto. En este sentido falta diálogo público-privado respecto de la orientación de los fondos   | Import.       | Import.                            |
| 8   | Económico-financiero                      | Escasez de fondos públicos y apoyo financiero para la certificación (Barreras desvalorizadas)  | Importante                         | Mant.                 | A veces están mal focalizados y se apoyan iniciativas intrascendentes                                | Crucial                            | Mant.                 | Importante     | Mant.                              | No hay fondos para la certificación. Solo para estudios o investigaciones de respecto, pero para que el sector fuertemente es claro que los encargados de liberar la transformación tecnológica han sido los | Crucial       | Crucial                            |
| 9   | Institucionales, políticas y regulatorias | Falta de canales de comunicación y difusión de la tecnología   | Poco esencial                      | Mant.                 | Falta de preparación de los encargados   | Crucial                            | Mant.                 | Crucial        | Quitar                             | Es claro que los canales de eventos climatológicos entregamos los datos a Dirección Meteorológica de   | Poco es.      | Poco es.                           |
| 10  | Institucionales, políticas y regulatorias | Falta de canales de comunicación y difusión de la tecnología   | Poco esencial                      | Quitar                | Falta de preparación de los encargados   | Poco es.                           | Mant.                 | Crucial        | Quitar                             | Es claro que los canales de eventos climatológicos entregamos los datos a Dirección Meteorológica de   | Poco es.      | Poco es.                           |
| 11  | Institucionales, políticas y regulatorias | Falta de canales de comunicación y difusión de la tecnología   | Poco esencial                      | Mant.                 | Existen los sistemas/hormas. El tema en específico queda no está en el sistema                       | Import.                            | Mant.                 | Importante     | Mant.                              | El sistema está siempre así. Si la implementación de   | Poco es.      | Poco es.                           |
| 12  | Técnicas y de capacidades                 | La información agroclimática disponible, requiere de análisis técnicos de un especialista para la generación de recomendaciones útiles           | Crucial                            | Mant.                 | Falta de agregación de valor en la información   | Crucial                            | Mant.                 | Crucial        | Mant.                              | Es correcto lo señalado y así es así, porque depende de cada usuario. Sin embargo, los roles de instituciones entregamos información con-escritos en otros niveles   | Import.       | Import.                            |
| 13  | Técnicas y de capacidades                 | Baja niveles de especialización y capacitación en la población trabajadora del sector, sobre cómo usar la información y sus datos                | Crucial                            | Mant.                 | Se requiere más capacitación de los agricultores   | Crucial                            | Mant.                 | Crucial        | Mant.                              | Es correcto el uso de la info clim para comercial, pero que el agr   | Import.       | Import.                            |

El proceso de clasificación de barreras se realizó asincrónicamente (en un plazo de 2 semanas) en una Hoja de Cálculo compartida con los y las miembros del grupo de trabajo enviada vía correo electrónico, por lo cual, el trabajo se realizó de forma individual. Los resultados finales de dicha categorización se realizaron mediante promedio aritmético y se consideraron solo las instituciones que participaron.

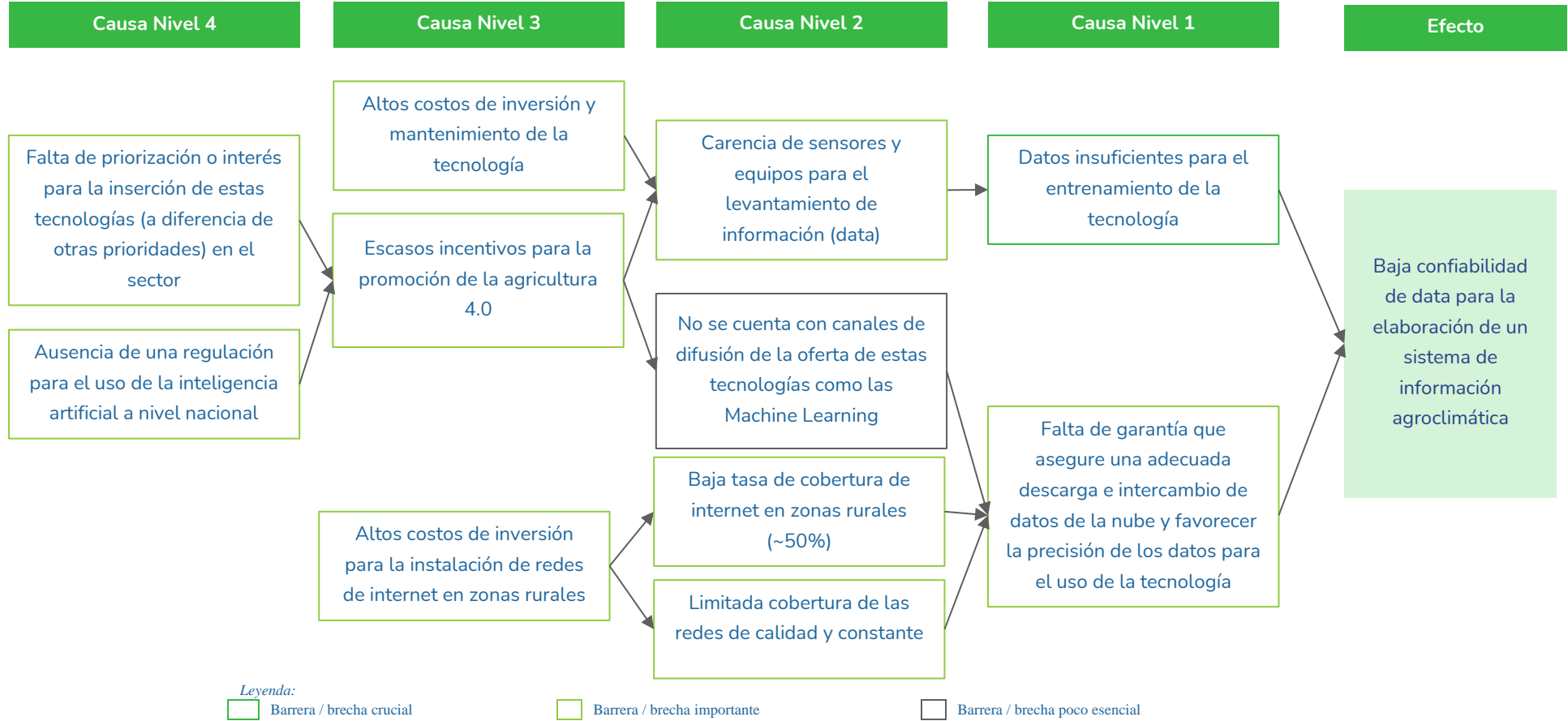
A continuación, se mencionan las instituciones que participaron en las dinámicas del cuarto grupo de trabajo del sector SAP.

| Taller 4/05/23   | Hoja de Cálculo   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA)</li> <li>Universidad de Chile</li> <li>Fundación para el Desarrollo Frutícola (FDF)</li> <li>Corporación Nacional Forestal (CONAF)</li> <li>Instituto Forestal de Chile (INFOR)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Fundación para el Desarrollo Frutícola (FDF)</li> <li>Instituto Nacional e Investigación Agropecuaria (INIA)</li> <li>Centro de Recursos Hídricos para la Agricultura y la Minería (CRHIAM)</li> <li>Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA)</li> </ul> |

Finalmente, tras sistematizar los resultados del taller y el archivo enviado, se llevó a cabo una reunión virtual con la representante de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), Angelina Espinoza, con quien se validaron los resultados finalmente obtenidos en el proceso participativo.

## Anexo 2. Esquemas de causa y efecto

Figura 5. Esquema causa – efecto de las barreras y/o brechas existentes para la inserción de machine learning para optimizar el rendimiento de la actividad agrícola y forestal



Fuente: Elaboración propia.

Figura 6. Esquema causa – efecto de las barreras y/o brechas existentes para la inserción de sistemas de irrigación inteligente para la agricultura pequeña y familiar

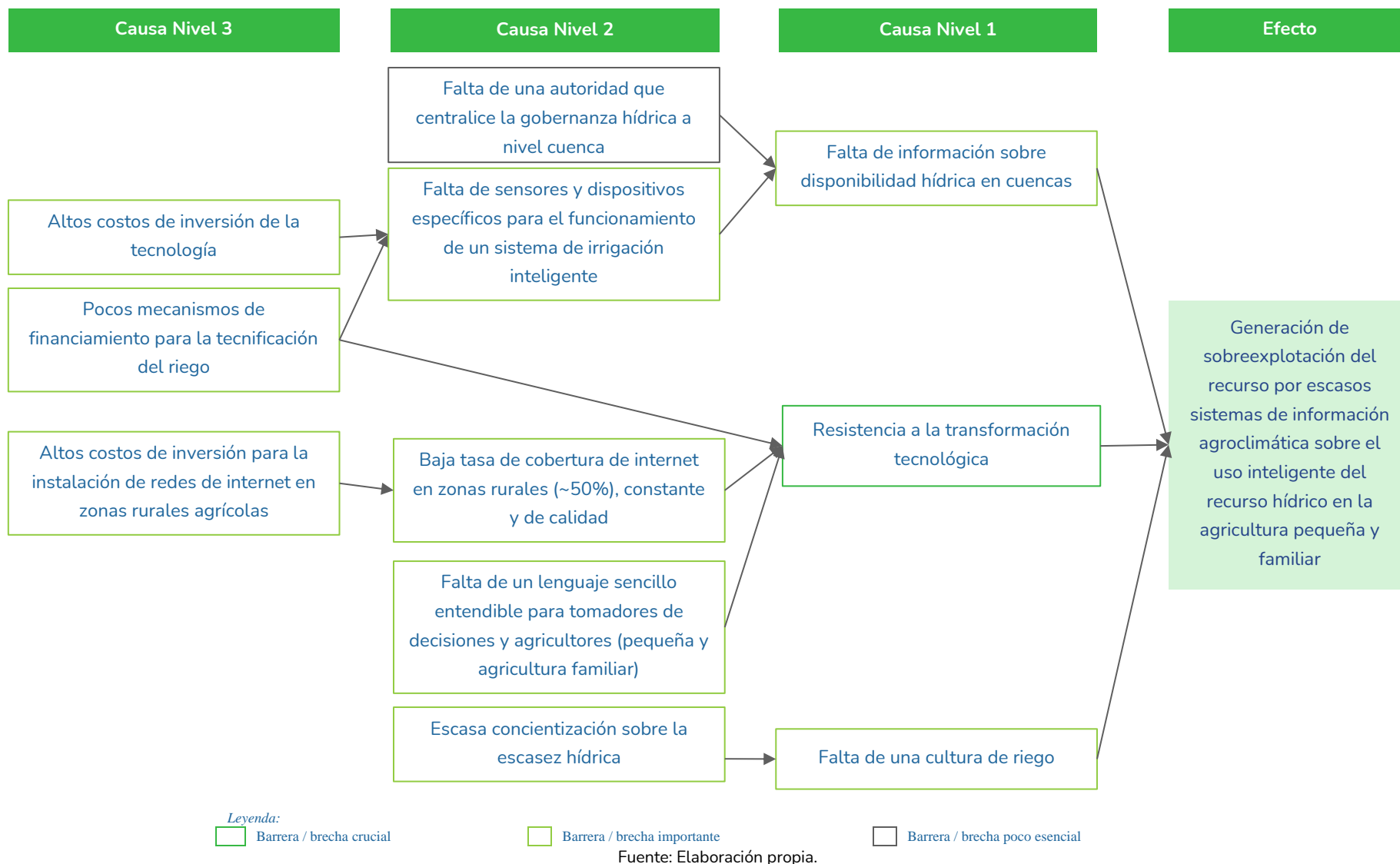
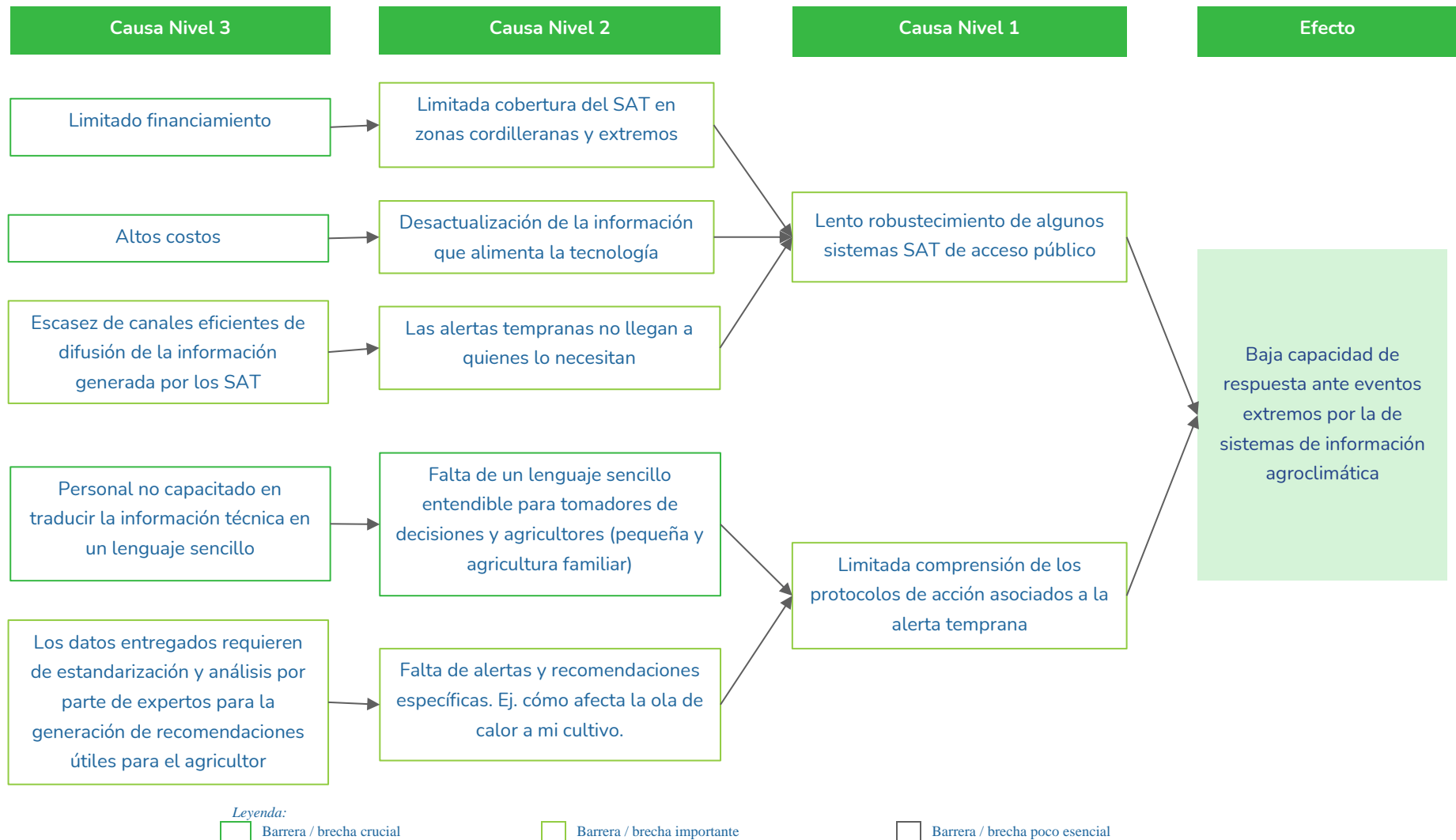
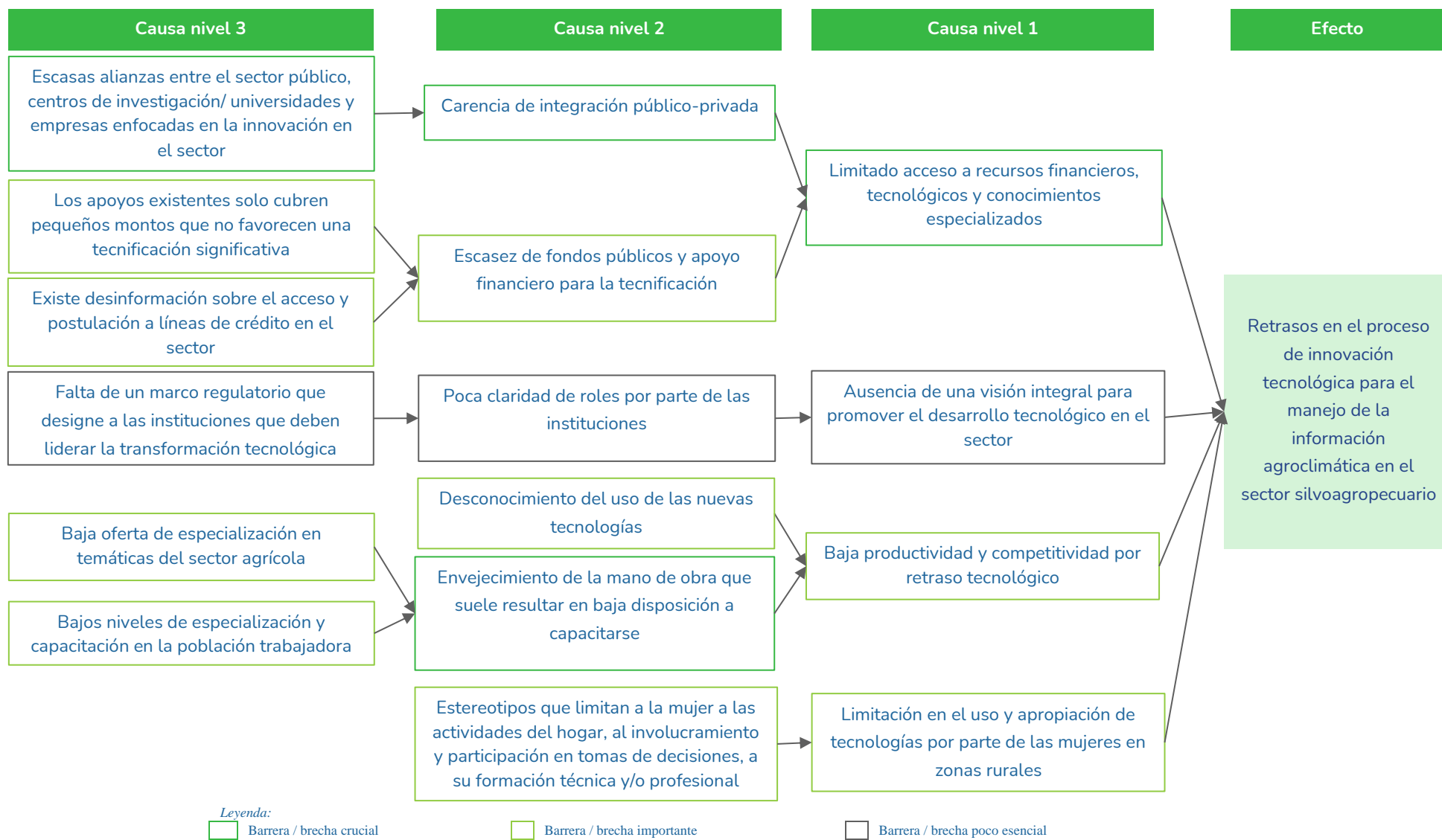


Figura 7. Esquema causa – efecto de las barreras y/o brechas existentes para la inserción de SAT

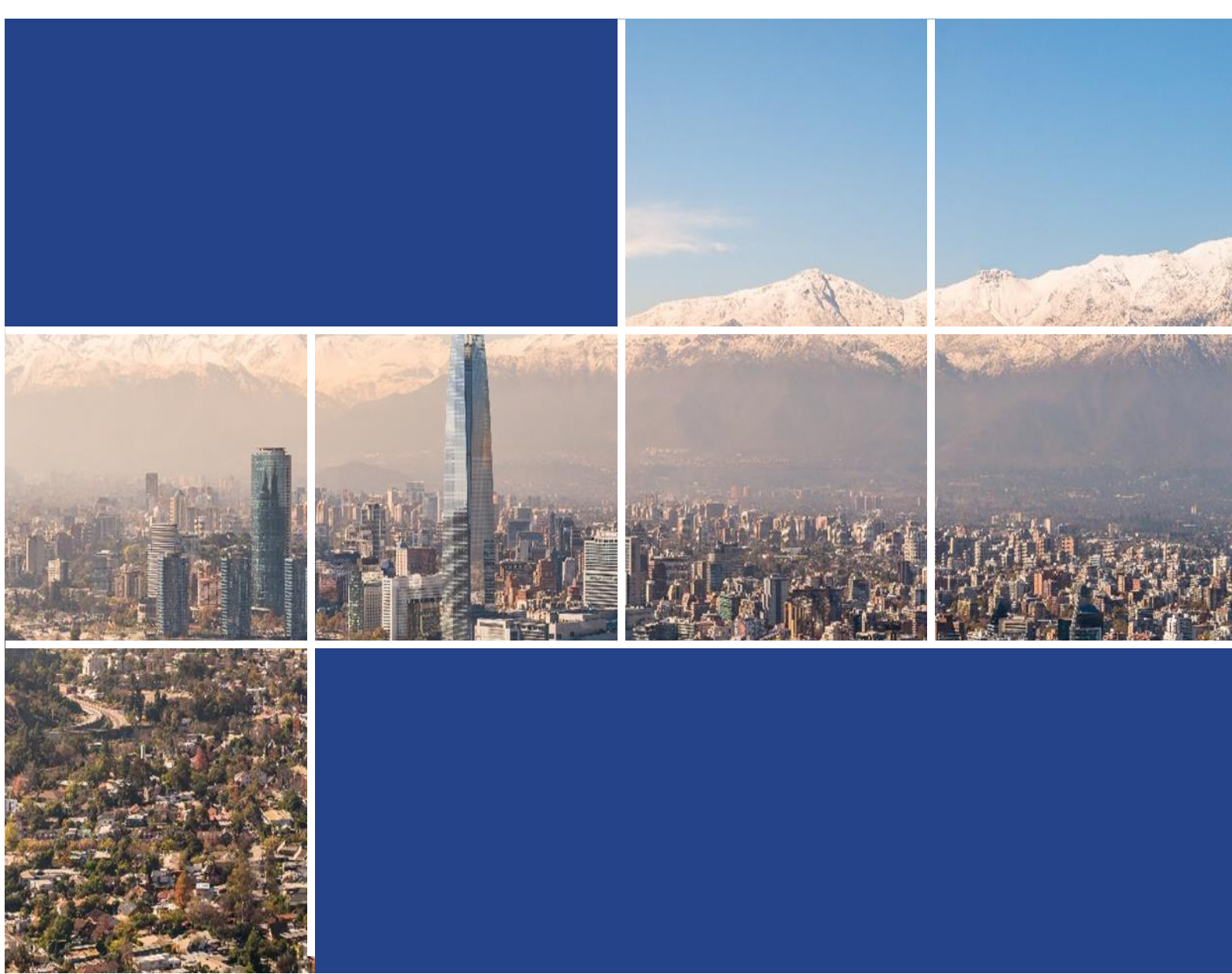


Fuente: Elaboración propia.

Figura 8. Esquema causa – efecto de las barreras existentes para la inserción de tecnologías de información agroclimática en el sector SAP



Fuente: Elaboración propia



**DEUMAN**

[www.deuman.com](http://www.deuman.com)