



CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN DE TESIS

Yo..... Victor Hego Ledezma Vera

autor/a de la tesis titulada:

SIEMBRA Y COSECHA DE AGUA, COMO MEDIDA DE ADAPTACIÓN PARA HACER FRENTE AL CALENTAMIENTO GLOBAL Y SU IMPACTO EN LA AGRICULTURA FAMILIAR DE LAS COMUNIDADES RURALES DE HUAYCO GRANDE Y RUJERO DEL MUNICIPIO DE URIONDO, DEPARTAMENTO DE TARIJA

mediante el presente documento, declaro que la obra mencionada es de mi exclusiva autoría y producción. Esta tesis ha sido elaborada como uno de los requisitos previos para la obtención del título de: **"Magíster en Cambio Global, Gestión de Riesgos y Seguridad Alimentaria"** en la Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Central Sucre.

Cesión de Derechos:

1. **Derechos Cedidos:** A partir de la fecha de la defensa de grado, cedo a la Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Central Sucre, los derechos exclusivos de reproducción, comunicación pública, distribución y divulgación de la obra. La Universidad está autorizada a utilizar esta obra por cualquier medio, actualmente conocido o que se desarrolle en el futuro, siempre y cuando dicha utilización no se realice con fines de lucro. Esta cesión incluye la reproducción total o parcial en formatos virtual, electrónico, digital, u óptico, así como su uso en red local e Internet.
2. **Responsabilidades del Autor:** Declaro que, en caso de presentarse cualquier reclamación o demanda por parte de terceros respecto de los derechos de autor de la obra mencionada, asumiré toda la responsabilidad legal frente a dichos terceros y frente a la Universidad, incluyendo, sin limitación, la defensa de tales reclamaciones y el mantenimiento de la Universidad indemne frente a las mismas.
3. **Entrega de Ejemplares:** En esta fecha, entrego a la biblioteca de la Universidad un ejemplar de la obra y sus anexos, en formatos impreso y digital o electrónico.

Fecha. B-10-2025

Firma:



UNIVERSIDAD ANDINA SIMÓN BOLÍVAR
SEDE CENTRAL
Sucre – Bolivia

**MAESTRÍA EN CAMBIO GLOBAL, GESTIÓN DE RIESGOS Y
SEGURIDAD ALIMENTARIA**

**SIEMBRA Y COSECHA DE AGUA, COMO MEDIDA DE ADAPTACIÓN
PARA HACER FRENTE AL CALENTAMIENTO GLOBAL Y SU
IMPACTO EN LA AGRICULTURA FAMILIAR DE LAS
COMUNIDADES RURALES DE HUAYCO GRANDE Y RUJERO DEL
MUNICIPIO DE URIONDO, DEPARTAMENTO DE TARIJA**

Tesis presentada para optar al Grado
Académico de Magíster en Cambio Global,
Gestión de Riesgos y Seguridad
Alimentaria

MAESTRANTE: VÍCTOR HUGO LEDEZMA VERA

Tarija – Bolivia

2023



UNIVERSIDAD ANDINA SIMÓN BOLÍVAR
SEDE CENTRAL
Sucre – Bolivia

**MAESTRÍA EN CAMBIO GLOBAL, GESTIÓN DE RIESGOS Y
SEGURIDAD ALIMENTARIA**

**SIEMBRA Y COSECHA DE AGUA, COMO MEDIDA DE ADAPTACIÓN
PARA HACER FRENTE AL CALENTAMIENTO GLOBAL Y SU
IMPACTO EN LA AGRICULTURA FAMILIAR DE LAS
COMUNIDADES RURALES DE HUAYCO GRANDE Y RUJERO DEL
MUNICIPIO DE URIONDO, DEPARTAMENTO DE TARIJA**

Tesis presentada para optar al Grado
Académico de Magíster en Cambio Global,
Gestión de Riesgos y Seguridad
Alimentaria

MAESTRANTE: VÍCTOR HUGO LEDEZMA VERA

TUTOR: DAVID CRUZ CHOQUE

Tarija – Bolivia

2023

DEDICATORIA

Con todo mi amor para mi esposa Elva, amiga y compañera de vida, por su apoyo incondicional y su comprensión en los momentos más difíciles. Gracias por llenar nuestro hogar de amor, alegría y esperanza cada día.

Con todo mi cariño para mis hijos, Neida Melina y Víctor Hugo, y para mi nieta, María Fernanda, quienes son la fuente inagotable de mi inspiración y la razón más profunda de mi existencia.

Con profundo amor y eterna gratitud a mis queridos padres, Pacífico y Elizabeth, quienes, desde el cielo, continúan bendiciéndome y guiando cada paso de mi vida.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a:

La Universidad Andina Simón Bolívar y a todos sus docentes, por brindarme la valiosa oportunidad de completar mis estudios de posgrado en la Maestría en Cambio Global, Gestión de Riesgos y Seguridad Alimentaria.

Al Ing. Ph.D. David Cruz Choque, mi asesor, por su constante guía, apoyo y valiosa orientación durante la realización de este trabajo de investigación.

A mis amigos del Instituto de Investigación y Capacitación Campesina (IICCA), por su incondicional respaldo y colaboración para llevar a cabo este estudio.

A los agricultores de las comunidades rurales de Huayco Grande y Rujero, en el municipio de Uriondo, por su confianza, apoyo y disposición para facilitar el desarrollo de esta investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
INTRODUCCIÓN	xi
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1 Situación Problemática	1
1.2 Formulación del Problema.....	3
1.2.1 Variables	4
1.3 Justificación de la Investigación	5
1.3.1 Justificación científica	5
1.3.2 Justificación social.	7
1.3.3 Justificación técnica ambiental	8
1.4 Objetivos de la Investigación.....	11
1.4.1 Objetivo General	11
1.4.2 Objetivos Específicos	11
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	12
2.1 Antecedentes del Problema	12
2.2 Bases Teóricas	17
2.2.1 Estrategias de siembra y cosecha de agua	17
2.2.2 Impactos y sostenibilidad de la siembra y cosecha de agua.....	19
2.2.3 Impactos del cambio climático en la agricultura familiar.....	20
2.2.4 Adaptación al cambio climático	21
2.2.5 Medidas de adaptación.....	23
2.2.6 Resiliencia.....	24
2.3 Marcos Conceptuales	29
2.3.1 Seguridad alimentaria.....	29
2.3.1.1 Inseguridad y vulnerabilidad alimentaria en Bolivia	31
2.3.2 El calentamiento global.....	34

2.3.3	El cambio climático	35
2.3.4	El cambio climático y su impacto en los recursos hídricos.....	35
2.3.4.1	Cambios en los sistemas hídricos superficiales y subterráneos.....	36
2.3.4.2	Erosión y sedimentación.....	36
2.3.4.3	Crecidas	36
2.3.4.4	Sequías	36
2.3.5	El ciclo del agua.....	37
2.3.5.1	Precipitación.....	37
2.3.5.2	Evaporación	37
2.3.5.3	Evapotranspiración	37
2.3.5.4	Condensación	37
2.3.5.5	Escorrentía.....	38
2.3.5.6	Infiltración.....	38
2.3.6	La cuenca hidrográfica	38
2.3.6.1	Tipos de cuenca hidrográfica	38
2.3.6.2	Comportamiento del agua en la cuenca.....	39
2.3.7	Siembra y cosecha de agua	39
2.3.8	Tecnologías de siembra y cosecha de agua.....	41
2.3.8.1	Prácticas mecánico-estructurales.....	41
2.3.8.2	Prácticas vegetativas	41
2.3.8.3	Prácticas agronómicas	41
2.3.8.4	Embalses artificiales de diferente tamaño	41
2.3.9	Técnicas de cosecha de agua.....	42
2.3.9.1	Microcaptación.....	42
2.3.9.2	Macrocaptación.....	43
2.3.9.3	Derivación de manantiales y cursos de agua mediante bocatomas	43
2.3.9.4	Cosecha de agua de techos de vivienda y otras estructuras impermeables.....	43
2.3.9.5	Captación de aguas subterráneas y freáticas.....	43

2.3.9.6	Captación de agua atmosférica.....	44
2.4	Marco Jurídico	44
2.4.1	Seguridad Alimentaria	44
2.4.2	Siembra y cosecha de agua	47
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA		49
3.1	Ámbito de Estudio.....	49
3.1.1	Ubicación Geográfica	49
3.1.2	Extensión Territorial.....	49
3.1.3	Límites Geográficos.....	50
3.2	Tipo y Diseño de Investigación.....	50
3.3	Unidad de Análisis	53
3.3.1	Características socioeconómicas y medios de vida de las familias campesinas de las comunidades rurales de Huayco Grande y Rujero	53
3.4	Población de Estudio	54
3.5	Tamaño de la Muestra.....	54
3.5.1	Criterios de Selección de la Muestra.....	55
3.6	Selección de Muestra	56
3.7	Técnicas de Recolección de Datos	56
3.7.1	Técnicas de Gestión y Estadísticas para el Procesamiento de la Información.....	59
3.8	Análisis e Interpretación de la Información	59
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		61
CONCLUSIONES		84
RECOMENDACIONES		87
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		89
ANEXOS		102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: <i>Vulnerabilidad sector alimentos por departamento</i>	34
Tabla 2: <i>Resumen de procesamiento de casos</i>	58
Tabla 3: <i>Estadísticas de fiabilidad</i>	59
Tabla 4: <i>Disponibilidad de agua cosechada</i>	63
Tabla 5: <i>Técnicas de riego que utiliza para aplicar el agua de los reservorios</i>	64
Tabla 6: <i>Superficie de cultivo que se puede regar con un atajado de 1000 m³</i>	69
Tabla 7: <i>Incremento en la productividad de las hortalizas</i>	71
Tabla 8: <i>Incremento de la Productividad Agrícola</i>	72
Tabla 9: <i>Incremento en la productividad de la papa</i>	75
Tabla 10: <i>Rentabilidad de los cultivos con el beneficio del agua de los atajados</i>	80
Tabla 11: <i>Acciones para adaptarse a los cambios en la disponibilidad de agua</i>	81
Tabla 12: <i>Prácticas ambientales que realiza</i>	83

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: <i>Temperatura media anual del municipio de Uriondo - Tarija, tendencia y anomalías</i>	5
Gráfico 2: <i>Precipitación anual acumulada en el departamento de Tarija</i>	6
Gráfico 3: <i>Relación de las anomalías de la temperatura y las precipitaciones en el municipio de Uriondo - Tarija</i>	9
Gráfico 4: <i>Mapa de la vulnerabilidad a la inseguridad alimentaria en Bolivia VAM 2022</i>	32
Gráfico 5: <i>Mapa de la vulnerabilidad sector alimentos por departamento en Bolivia APMT 2022</i>	33
Gráfico 6: <i>Mapa de Ubicación del municipio de Uriondo</i>	49
Gráfico 7: <i>Muestra satelital Mapa-Cuenca-Rio-Guadalquivir</i>	50
Gráfico 8: <i>Disponibilidad de agua cosechada</i>	63
Gráfico 9: <i>Técnicas de riego que utiliza para aplicar el agua de los reservorios</i>	65
Gráfico 10: <i>Número de atajados construidos por comunidad</i>	66
Gráfico 11: <i>Incremento de la Productividad Agrícola</i>	72
Gráfico 12: <i>Incremento en la productividad del cultivo de maíz</i>	73
Gráfico 13: <i>Incremento de la Productividad del Maíz</i>	74
Gráfico 14: <i>Incremento en la productividad del cultivo de papa</i>	75
Gráfico 15: <i>Incremento de la Productividad de la Papa</i>	75
Gráfico 16: <i>Incremento de la Productividad de las Hortalizas</i>	76
Gráfico 17: <i>Incremento en la productividad del cultivo de arveja</i>	76
Gráfico 18: <i>Incremento en la productividad del cultivo de cebolla</i>	77
Gráfico 19: <i>Incremento en la productividad del cultivo de lechuga</i>	78
Gráfico 20: <i>Incremento en la productividad del cultivo de tomate</i>	79
Gráfico 21: <i>Acciones para adaptarse a los cambios en la disponibilidad de agua</i>	82
Gráfico 22: <i>Prácticas ambientales que realiza</i>	83

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. <i>CUESTIONARIO SOBRE LA VALORACIÓN DEL IMPACTO DE LAS TÉCNICAS DE SIEMBRA Y COSECHA DE AGUA DE LLUVIA</i>	102
Anexo 2. <i>GUÍA PARA ENTREVISTA A LAS AUTORIDADES SOBRE LA COSECHA DE AGUA EN LAS COMUNIDADES DE HUAYCO GRANDE Y RUJERO DEL MUNICIPIO DE URIONDO</i>	105
Anexo 3	106
Anexo 4	108
Anexo 5. <i>ALFA DE CRONBACH</i>	110
Anexo 6. <i>FOTOGRAFÍAS</i>	113
Anexo 7	119
Anexo 8. <i>BOLIVIA: PROYECCIONES DE POBLACIÓN, SEGÚN DEPARTAMENTO Y MUNICIPIO, 2012-2022</i>	121

RESUMEN

La investigación tiene como objetivo evaluar cómo la implementación de técnicas de siembra y cosecha de agua contribuye a la adaptación de la agricultura familiar frente al calentamiento global, en las comunidades rurales de Huayco Grande y Rujero, del municipio de Uriondo, Tarija. Se analiza la experiencia de las familias agrícolas en el uso de estos sistemas como estrategia para mitigar los efectos negativos del cambio climático y fomentar la sostenibilidad agrícola. Estas técnicas son adecuadas para las condiciones sociales y culturales locales y se constituyen en un elemento estratégico para asegurar la producción agrícola, la seguridad alimentaria y la generación sostenible de ingresos para las familias rurales.

En esta investigación se utilizó el enfoque mixto, combinando métodos cualitativos y cuantitativos. Se realizó un Estudio de Caso Múltiple para un análisis detallado de las prácticas de siembra y cosecha de agua, y la selección intencional de la muestra permitió incluir a los actores más representativos y diversos. La encuesta descriptiva fue el método principal, con preguntas cerradas y escalas, como la de Likert, para cuantificar las respuestas. La confiabilidad de los resultados se midió con el coeficiente Alfa de Cronbach, que arrojó un valor de 0,894, interpretado como buena a excelente consistencia, conforme a George y Mallery (2020).

Los resultados evidencian que estos sistemas de siembra y cosecha de agua de lluvia se han convertido en una estrategia fundamental para que las familias de Uriondo puedan adaptarse a los cambios climáticos y promover una agricultura sostenible. La mayor disponibilidad de agua ha permitido diversificar cultivos y realizar múltiples siembras anuales, elevando los rendimientos y asegurando una producción continua, lo que mejora la seguridad alimentaria. El aumento en la productividad también ha generado excedentes comercializables, que contribuyen a mejorar los ingresos familiares y dinamizan la economía rural. Además, la gestión del agua reduce la dependencia de las lluvias estacionales y fortalece la resiliencia comunitaria. La diversidad agrícola protege contra la inseguridad alimentaria al reducir riesgos por condiciones climáticas adversas, asegurando un suministro estable que favorece especialmente la alimentación infantil.

Palabras clave:

Siembra y cosecha de agua, Seguridad alimentaria.

ABSTRACT

This research aims to evaluate how the implementation of planting and water harvesting techniques contributes to the adaptation of family farming to global warming in the rural communities of Huayco Grande and Rujero, in the municipality of Uriondo, Tarija. It analyzes the experience of farming families using these systems as a strategy to mitigate the negative effects of climate change and promote agricultural sustainability. These techniques are appropriate for local social and cultural conditions and constitute a strategic element to ensure agricultural production, food security, and sustainable income generation for rural families.

This research used a mixed-method approach, combining qualitative and quantitative methods. A multiple case study was conducted for a detailed analysis of planting and water harvesting practices, and the intentional selection of the sample allowed for the inclusion of the most representative and diverse stakeholders. A descriptive survey was the primary method, with closed-ended questions and scales, such as the Likert scale, to quantify responses. The reliability of the results was measured using Cronbach's alpha coefficient, which yielded a value of 0.894, interpreted as good to excellent consistency, according to George and Mallery (2020).

The results show that these rainwater harvesting and planting systems have become a fundamental strategy for families in Uriondo to adapt to climate change and promote sustainable agriculture. The increased availability of water has allowed for crop diversification and multiple annual plantings, increasing yields and ensuring continuous production, which improves food security. The increase in productivity has also generated marketable surpluses, which contribute to improving family incomes and boosting the rural economy. Furthermore, water management reduces dependence on seasonal rainfall and strengthens community resilience. Agricultural diversity protects against food insecurity by reducing risks from adverse weather conditions, ensuring a stable supply that is particularly beneficial for children's nutrition.

Keywords:

Planting and harvesting water, Food security.

INTRODUCCIÓN

En los valles interandinos bolivianos prima la agricultura a secano; frecuentemente, los productores sufren la merma o pérdida de su cosecha causada por sequías o eventos climáticos extremos como lluvias torrenciales, heladas a destiempo y granizadas (Goetter & Picht, 2014).

Durante los últimos diez años, Bolivia ha tenido que lidiar con una crisis climática grave, con una alternancia de sequías e inundaciones que han tenido un impacto negativo en una gran cantidad de regiones del país (Sierra Praeli, 2023).

En los últimos diez años, la sequía ha afectado a 105 municipios en 7 departamentos (La Paz, Cochabamba, Santa Cruz, Oruro, Chuquisaca, Potosí y Tarija). Sierra Praeli (2023) afirma que: Más de 487.000 familias en Bolivia han sido afectadas por la falta de agua. El nivel del Lago Titicaca se ha reducido en 132 cm por debajo del promedio histórico normal. Los expertos creen que esto se debe principalmente al aumento de la temperatura a nivel global, que ha cambiado los patrones de precipitación (IPCC, 2014).

Asimismo, en los últimos años, de acuerdo a datos del SENAMHI (2023) y METEOBLU (2023), se ha observado que las lluvias se concentran en pocos meses del año - mayormente entre diciembre y marzo, a esto se suma que la intensidad de las precipitaciones hace que buena parte del agua no pueda ser aprovechado debido a la rápida escorrentía superficial que además causa la erosión del suelo y disminuye la infiltración del agua (Estrada Zuñiga et al., 2018).

De acuerdo a datos del Observatorio Agroambiental y Productivo (2022), la concentración estacional de las precipitaciones en la región se presenta principalmente entre los meses de diciembre y marzo, periodo durante el cual se registra entre el 60 % y el 78 % del total anual de lluvias. Esta distribución indica la existencia de una estación seca prolongada durante el resto del año, con precipitaciones que pueden representar tan solo entre el 5 % y el 15 % del total anual, lo que agrava significativamente los problemas relacionados con la disponibilidad hídrica.

En Bolivia, la temporada de lluvias se ha reducido de aproximadamente cinco meses (diciembre a marzo) a cerca de tres meses anuales, debido al cambio climático, lo que ha incrementado la vulnerabilidad hídrica de las comunidades campesinas (Arnéz et al. 2018), y mencionan que, durante este período (diciembre a marzo), las lluvias presentan una alta intensidad que genera una corriente superficial rápida y significativa. Esta dinámica limita la capacidad de infiltración del agua en el suelo, reduciendo la recarga de acuíferos y mantos freáticos esenciales para el abastecimiento hídrico local (SEMATA; FONAMA, 2000). La acelerada escorrentía superficial también contribuye a la erosión del suelo, incrementando la

pérdida de cobertura vegetal y degradando las zonas de recarga hídrica, lo que afecta negativamente la cantidad y calidad del subterráneo disponible para la población y actividades productivas (Rendón Díaz Mirón & Hidalgo Toledo, 2003). Estudios en el Valle Central de Tarija, que incluyen a Uriondo (Pasig et al. 2020), señalan que esta degradación está vinculada a actividades antrópicas como deforestación y compactación del suelo, que aumentan la escorrentía y disminuyen la infiltración natural. La protección y restauración de las áreas de recarga hídrica mediante medidas como zanjas de infiltración, microreservorios y reforestación son fundamentales para mitigar estos impactos y garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico en la región (UNESCO, 2010).

Asimismo, se debe tomar en cuenta que de acuerdo al informe de Hoffmann (2020), el cambio climático ha acelerado significativamente el deshielo de los glaciares en la región andina, incluyendo los ubicados en el municipio de Uriondo, lo que afecta directamente la disponibilidad de agua para riego proveniente de estas fuentes glaciares. Estudios indican que entre 1986 y 2014, los glaciares bolivianos han reducido su masa en aproximadamente un 43%, con una pérdida de espesor que puede alcanzar hasta un metro por año en algunos casos, como en el glaciar Charquini (Hoffmann, D. 2020). Esta reducción progresiva implica una disminución en la capacidad de almacenamiento y liberación gradual de agua, lo que genera una menor recarga hídrica durante las estaciones secas y afecta la continuidad del suministro para actividades agrícolas.

Además, la pérdida de cobertura glaciar contribuye a la degradación de la vegetación circundante, provocando la desaparición de humedales y la transformación de áreas productivas en campos áridos y poco aptos para la agricultura y el pastoreo. La erosión del suelo se intensifica debido a la menor protección vegetal y al aumento de la escorrentía superficial, lo que agrava la desertificación local y reduce la capacidad del ecosistema para retener agua (Hoffmann, D. 2020). En consecuencia, la combinación del retroceso glaciar y la pérdida de vegetación compromete la sustentabilidad de los recursos hídricos y la productividad agropecuaria en Uriondo, evidenciando la necesidad de implementar estrategias de adaptación y mitigación frente a los impactos del cambio climático.

La zona de estudio experimenta una alta variabilidad climática, manifestada en fuertes precipitaciones concentradas en la temporada estival y prolongadas sequías como se refleja en los anteriores conceptos. Esta condición climática extrema plantea un desafío sustancial para la sostenibilidad del país y la seguridad hídrica, demandando la implementación de medidas de adaptación y mitigación FAO (2017) e IPCC (2022).

La siembra y cosecha de agua es una práctica ancestral implementada en diversos municipios bolivianos, incluida la región de Uriondo, que busca promover una agricultura

sostenible mediante la captación y almacenamiento de agua de escorrentía superficial para su uso en períodos de sequía (PROAGRO, 2017). Esta técnica consiste en adaptar hoyadas naturales y construir estructuras como diques, zanjas de infiltración y reservorios (qochas o lagunas artificiales) que permiten infiltrar el agua de lluvia y fusión nival en acuíferos, favoreciendo su recuperación gradual como agua subterránea disponible durante la estación seca (Martos-Rosillo & Durán Valsero, 2022)

La siembra y cosecha de agua permite a los agricultores contar con un riego complementario que posibilita la realización de una segunda siembra, denominada "mishka" (julio a octubre), e incluso un tercer ciclo agrícola, el "postrero" (marzo a junio), extendiendo los periodos productivos y mejorando la seguridad alimentaria y los ingresos familiares (PROAGRO, 2017).

La presente investigación tiene como objetivo, evaluar cómo la implementación de la siembra y cosecha de agua contribuye a la adaptación de la agricultura familiar frente al calentamiento global en las comunidades rurales de Huayco Grande y Rujero del municipio de Uriondo.

Se busca analizar el trabajo realizado por la Organización No Gubernamental Instituto de Investigación y Capacitación Campesina (IICCA) durante más de 25 años para validar un modelo de desarrollo llamado "Cosechar Agua para Sembrar Vida", que se ha implementado en el municipio de Uriondo, Primera Sección de la Provincia Avilés del departamento de Tarija (Morales & Orlandini, 2002). El modelo ha creado condiciones de infraestructura productiva mediante la construcción de represas de tierra, pozos revestidos y canales de riego. Por lo tanto, este modelo puede ser utilizado como una estrategia para prevenir y reducir las amenazas naturales, principalmente la sequía y la seguridad alimentaria familiar (Durán Valsero, 2022).

Dado esto, la investigación se compone de los siguientes capítulos: El primer capítulo examina la situación problemática de la investigación, su justificación y los objetivos que persigue. El Segundo Capítulo, abarca el marco teórico en la cual se describen los antecedentes, las bases teóricas y el marco conceptual. El Tercer Capítulo, presenta los materiales y métodos de la investigación. El Cuarto Capítulo presenta los hallazgos de manera sistemática y la información recolectada en el trabajo de campo se interpretó y analizó para contrastarla con los objetivos de la investigación. Finalmente, se presentan los resultados del análisis y el resumen, así como se concluye con las recomendaciones del caso, que pueden ser consideradas para futuros estudios.

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Situación Problemática

En las comunidades rurales de Huayco Grande y Rujero del municipio de Uriondo, la situación problemática es la falta de agua, misma que se caracteriza por una severa escasez hídrica que afecta directamente la calidad de vida y la producción agrícola familiar, actividad que constituye la principal fuente de sustento y generación de ingresos para estas poblaciones (León, 2010).

Como lo hace notar el GAM Uriondo (2016), la escasez de agua se ha intensificado debido a la sequía extrema y las altas temperaturas que han reducido el caudal de ríos y fuentes de agua hasta en un 40%, limitando el acceso tanto al agua potable como al agua para riego. Asimismo, según estudios del Ministerio de Medio Ambiente y Agua de Bolivia (2020), la recurrencia de sequías en las cuencas de Camacho y Guadalquivir a las que pertenecen estas comunidades, está asociada a la deforestación acelerada en sus zonas altas y medias, que redujo la capacidad de infiltración hídrica en un 30-40%. Esta degradación, combinada con una precipitación media anual de apenas 400-600 mm en estas cuencas (SENAMHI, 2019), generó una disminución del 25% en el caudal superficial disponible para uso agrícola y doméstico entre 2010 y 2020 (MMAyA, 2020).

La actividad agrícola en la región, tradicionalmente desarrollada, se limitaba exclusivamente al período estival, condicionado por la disponibilidad natural de agua de lluvia y la ausencia de sistemas de riego complementarios (GAD Tarija, 2020). Esta dependencia de los ciclos pluviométricos restringía el uso productivo de la tierra a un lapso aproximado de 4 a 6 meses al año, dejando las parcelas sin cultivo durante intervalos prolongados de 6 a 8 meses (Sierra Praeli, 2023). Como consecuencia, un número significativo de familias rurales se ha visto obligado a migrar temporalmente en busca de empleo estacional, principalmente como jornaleros en las zafras de caña de azúcar en las regiones de Bermejo, Santa Cruz y el norte de Argentina (Ataide, 2021). Este fenómeno ha impulsado especialmente patrones migratorios juveniles, evidenciándose que el 65 % de las familias en áreas rurales reportaron al menos un miembro migrante durante la última década, según el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, 2021). Esta dinámica refleja una estrategia adaptativa forzada, en la cual la migración temporal o permanente se percibe como el único mecanismo viable para asegurar ingresos frente a la inviabilidad productiva local (El País, 2024).

Esta problemática ha generado impactos negativos significativos en la agricultura familiar, la cual predomina en Uriondo caracterizada por ser tradicional y altamente dependiente del recurso hídrico para el riego de cultivos como uva, papa, maíz, hortalizas y

frutales (DAPRO, 2020). La escasez de agua ha provocado los siguientes efectos directos en los sistemas agrícolas familiares de las comunidades de Huayco Grande y Rujero:

- **Reducción de la producción agrícola:** La sequía y la escasez de agua han provocado pérdidas de hasta el 30% en cultivos esenciales como hortalizas, papa, maíz, durazno, uva y tomate (DAPRO, 2020).
- **Disminución de ingresos familiares:** La reducción en la producción agrícola conlleva una disminución significativa de los ingresos familiares, lo que afecta directamente su seguridad alimentaria y limita su capacidad de inversión en insumos agrícolas y mejoras productivas (DAPRO, 2020). Esta situación compromete la sostenibilidad económica de los hogares rurales y su resiliencia frente a futuras contingencias climáticas Arenas (2014) y CEPAL (2014).
- **Aumento de la vulnerabilidad social:** La escasez de agua potable y para riego contribuye al aumento de la pobreza multidimensional, al restringir el acceso a servicios básicos esenciales y disminuir la capacidad de resiliencia de las comunidades frente a eventos climáticos extremos (León, 2010). Esta situación agrava las desigualdades sociales y afecta de manera desproporcionada a los grupos más vulnerables, comprometiendo su bienestar y desarrollo sostenible Acosta, et al., (2020); Álvarez Díaz, et al., (2021); CAF, (2014) y MDRyT (2012).
- **Deterioro de la salud y el bienestar:** El uso de agua insalubre para consumo humano y riego agrícola incrementa significativamente la prevalencia de enfermedades gastrointestinales y parasitarias, afectando de manera desproporcionada a grupos vulnerables como la niñez y los adultos mayores (OMS, 2017). Estas condiciones sanitarias deficientes comprometen el bienestar general y la capacidad productiva de las comunidades rurales, además de aumentar la carga sobre los sistemas de salud pública (Bartram & Cairncross, 2010).
- **Migración rural y abandono de tierras:** La persistente escasez hídrica actúa como un factor determinante que impulsa a numerosas familias rurales a abandonar sus tierras en busca de mejores condiciones socioeconómicas, contribuyendo así al despoblamiento rural y al debilitamiento del tejido social comunitario (Ataide, 2021). Este fenómeno, vinculado a la inseguridad en el acceso al agua y la disminución de la productividad agrícola, genera impactos negativos en la sostenibilidad de los territorios rurales y en la cohesión social (Álvarez Díaz, y otros, 2021).

De acuerdo con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Secretaría sobre el Cambio Climático, UNFCCC (2003), algunas regiones que

ya son propensas a las sequías pueden sufrir períodos de sequía más severos. Lo cual augura un futuro muy incierto para esta región.

1.2 Formulación del Problema

Las comunidades rurales de Huayco Grande y Rujero, en el municipio de Uriondo, enfrentan una crisis hídrica severa, caracterizada por una reducción del 40% en el caudal de fuentes superficiales como el río Camacho, atribuida a sequías recurrentes y alteraciones en los patrones pluviométricos vinculados al cambio climático (SENAMHI, 2019). Esta escasez hídrica limita significativamente el riego de cultivos básicos —maíz, papa y hortalizas—, provocando una disminución aproximada del 25% en los rendimientos agrícolas y poniendo en riesgo la seguridad alimentaria de las familias que dependen de la agricultura familiar (DAPRO, 2020). En este contexto, la implementación de técnicas ancestrales como la siembra y cosecha de agua ha demostrado aumentar la disponibilidad hídrica en hasta un 30% en regiones andinas con condiciones similares, constituyendo una estrategia viable para mitigar los efectos adversos (PROAGRO, 2017).

La técnica de siembra y cosecha de agua constituye una estrategia eficaz para mitigar la escasez hídrica que afecta a la agricultura familiar en las comunidades rurales de Huayco Grande y Rujero, en el municipio de Uriondo. Durán Valsero (2022) indica que esta práctica ancestral se basa en la captación y almacenamiento del agua de lluvia mediante su infiltración en el subsuelo (siembra), para su posterior recuperación durante los períodos de sequía (cosecha). La implementación de estructuras tradicionales como zanjas de infiltración, quchas, amunas y otras formas de manejo hídrico facilita la recarga de acuíferos y asegura un suministro continuo de agua durante las estaciones secas (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego del Perú, 2022); (SEMTA; FONAMA, 2000) (PROAGRO, 2017).

El presente estudio aborda la evaluación de la siembra y cosecha de agua como estrategia de adaptación al calentamiento global y su impacto en la agricultura familiar de las comunidades rurales de Huayco Grande y Rujero, en el municipio de Uriondo. La problemática central se formula de la siguiente manera:

¿Cómo contribuye la implementación de la siembra y cosecha de agua a la adaptación de la agricultura familiar frente al calentamiento global en estas comunidades, considerando la creciente escasez hídrica, la reducción de la productividad agrícola y la necesidad de fortalecer la resiliencia socioambiental en el marco del cambio climático?

Esta interrogante tiene como objetivo analizar de qué manera la técnica de siembra y cosecha de agua puede optimizar la disponibilidad y gestión del recurso hídrico, contribuyendo a garantizar la sostenibilidad y seguridad alimentaria de las familias agricultoras afectadas por la disminución de las precipitaciones y el estrés hídrico en la región.

1.2.1 Variables

De acuerdo con Arias (2012) y Hernández Sampieri (2018), una variable es una característica, cualidad, magnitud o cantidad que puede experimentar cambios y que es objeto de análisis, medición, manipulación o control dentro de una investigación. Estas variables permiten operacionalizar conceptos abstractos para su estudio científico, facilitando la formulación de hipótesis, el diseño de instrumentos de recolección de datos y la aplicación de técnicas estadísticas para analizar el comportamiento de los fenómenos.

Para el caso, la variable de estudio corresponde **a la contribución de la implementación de la siembra y cosecha de agua en la adaptación de la agricultura familiar frente al calentamiento global en las comunidades rurales analizadas**. Esta variable implica evaluar cómo la adopción de prácticas de captación y almacenamiento hídrico influye en la capacidad de las familias agricultoras para mitigar los efectos adversos del cambio climático, tales como la escasez de agua, la disminución de los rendimientos agrícolas y la garantía de la seguridad alimentaria.

Siguiendo la metodología de Fidias Arias (2012), la variable central del estudio es la relación entre la **implementación de la siembra y cosecha de agua** (variable independiente) y la **adaptación de la agricultura familiar al calentamiento global** (variable dependiente), siendo esta última el fenómeno que se busca explicar o mejorar a través de la primera.

De manera más precisa, la variable de estudio es **la contribución de la implementación de la siembra y cosecha de agua a la adaptación de la agricultura familiar frente al calentamiento global** en las comunidades rurales mencionadas. Esta variable implica evaluar de qué manera la adopción de técnicas de captación, infiltración y almacenamiento hídrico incide en la capacidad de las familias agricultoras para mitigar los impactos adversos del cambio climático, tales como la escasez de agua, la disminución en los rendimientos agrícolas y la vulnerabilidad en la seguridad alimentaria.

Por lo tanto, el problema de investigación se plantea en demostrar cómo la implementación de técnicas de siembra y cosecha de agua contribuye a la adaptación de la agricultura familiar frente al calentamiento global en las comunidades rurales de Huayco Grande y Rujero, ubicadas en el municipio de Uriondo.

El estudio se desarrolló a lo largo de una campaña agrícola, comprendida entre julio de 2022 y junio de 2023, abarcando tanto el período de preparación de las prácticas agrícolas como la temporada de lluvias, con el fin de obtener una comprensión integral y contextualizada de las técnicas de siembra y cosecha de agua. Asimismo, la investigación incluirá un análisis retrospectivo de los cambios y avances en la implementación de dichas

prácticas en la zona de estudio durante la última década, con el objetivo de evaluar su evolución y su impacto en la adaptación agrícola frente al cambio climático.

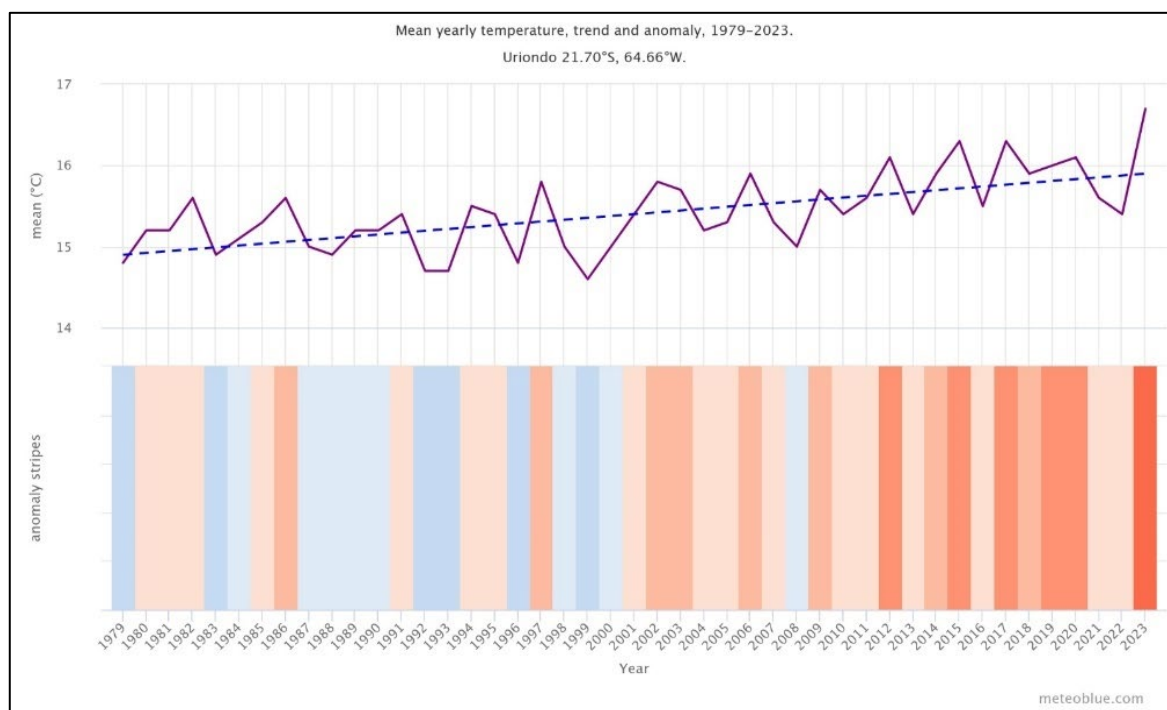
1.3 Justificación de la Investigación

1.3.1 Justificación científica

El cambio climático ha aumentado la variabilidad del clima, incluidos los cambios en las precipitaciones y las temperaturas extremas (IPCC, 2014). Esto tiene un impacto directo en los rendimientos agrícolas y los ciclos de cultivo. En países en desarrollo, como Bolivia, donde la agricultura familiar es fundamental para la subsistencia, los estudios de Spickenbom y Quintanilla (2016) así como el IPCC (2014), indican que un aumento de solo 1 a 2°C puede resultar en reducciones significativas en la producción de cultivos. Caballero, et al., (2007); (PNUD, 2011) e (IPCC, 2018).

Gráfico 1:

Temperatura media anual del municipio de Uriondo - Tarija, tendencia y anomalías



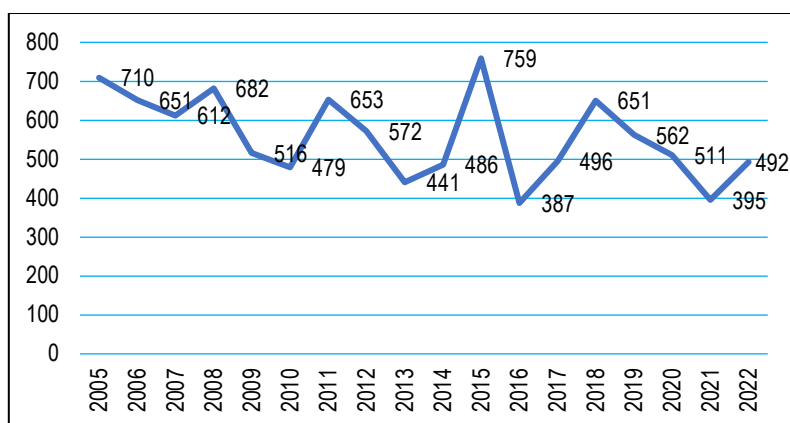
Nota: Elaboración propia en base a datos de Meteoblue.com

En las comunidades de Huayco Grande y Rujero, la precipitación anual promedio es de aproximadamente 437 mm, concentrándose principalmente entre los meses de diciembre a marzo (Meteoblue, 2023). Este volumen de lluvia equivale a cerca de 4,370 m³/ha; sin embargo, debido a las condiciones topográficas y a la escasa cobertura vegetal en las laderas, entre el 50% y el 90% de este recurso hídrico se escurren rápidamente hacia quebradas y ríos, lo que reduce la disponibilidad efectiva de agua a un rango estimado de

437 a 2,185 m³/ha (MMAyA, 2014); (Pasig, Pelaez, & Mealla, 2020) y (PROCUENCA/GIZ, 2022). Esta significativa pérdida hídrica genera una marcada escasez de agua durante los meses de estiaje, afectando la capacidad de los agricultores para el riego de sus cultivos. Esta situación se ve además agravada por las alteraciones en los patrones de precipitación asociadas al cambio climático. En este sentido, un informe de Álvarez et al. (2021) señala que la disminución de las fuentes de agua en Tarija constituye un factor crítico que incide negativamente en la producción agrícola y, por ende, en la seguridad alimentaria de las comunidades rurales (Hidalgo, 2013) y (FAO, 2021).

Gráfico 2:

Precipitación anual acumulada en el departamento de Tarija



Nota: Elaboración propia en base a Datos del INE, con base a datos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología

El cambio climático ha favorecido la propagación y el desplazamiento de enfermedades y plagas que afectan a los cultivos agrícolas. Según la FAO (2020), hasta el 40% de los cultivos alimentarios se pierden anualmente debido a plagas y enfermedades. Estudios realizados han evidenciado que el incremento de las temperaturas y la variabilidad climática alteran la distribución geográfica y temporal de estos agentes nocivos, incrementando su incidencia y generando pérdidas sustanciales en la producción agrícola (INIA, 2018) y FAO y la Secretaría de la CIPF (2021). Esta situación conduce, además, a un mayor uso de pesticidas, lo que impacta negativamente tanto en la salud de los agricultores como en la calidad de los productos cultivados (FAO, 2020).

El cambio climático puede exacerbar la pobreza y propiciar la migración forzada de las familias agricultoras hacia zonas con mejores condiciones de vida, como consecuencia directa de la inseguridad alimentaria (Ataide, 2021; Barrón & Delgado Cameo, 2016). Una crisis alimentaria, derivada de la disminución de la producción agrícola y el incremento en los precios de los alimentos, afecta de manera desproporcionada a los grupos más vulnerables

dentro de las comunidades rurales, profundizando así las desigualdades socioeconómicas y limitando el acceso a recursos básicos para la subsistencia. FAO, (2013; 2018).

Por lo tanto, la implementación de técnicas de siembra y cosecha de agua constituye una medida de adaptación efectiva y sostenible que permite enfrentar múltiples desafíos asociados al calentamiento global y sus impactos en la agricultura familiar campesina (Durán Valsero, 2022; FAO, 2013; FONTAGRO, 2015). Estas prácticas contribuyen a incrementar la disponibilidad hídrica para uso agrícola y, en determinadas circunstancias, para el consumo humano durante el período de estiaje, fortaleciendo así la resiliencia y la seguridad alimentaria de las comunidades rurales.

1.3.2 Justificación social.

La agricultura de secano en Tarija depende fundamentalmente de las precipitaciones estacionales para el riego de los cultivos. Goetter y Picht (2010) y Cortez (2016) señalan que, en las regiones áridas de los valles interandinos como Tarija, la agricultura a secano se sustenta en lluvias concentradas durante pocos meses del año. Esta dependencia, sumada a la variabilidad climática y la mayor frecuencia de eventos extremos, afecta de manera significativa la producción agrícola y la seguridad alimentaria, exacerbando además la vulnerabilidad económica y social de las familias campesinas y propiciando procesos migratorios (Ataide, 2021).

Con este escenario, se prevé una afectación a la seguridad alimentaria y un aumento de la vulnerabilidad de los agricultores rurales pobres como resultado de los cambios causados por el cambio climático y el calentamiento global que afectarían la disponibilidad, la estabilidad, la accesibilidad y la utilización de los alimentos.

En este contexto, se anticipa un deterioro de la seguridad alimentaria y un incremento en la vulnerabilidad de los agricultores rurales de bajos ingresos como consecuencia de los cambios inducidos por el cambio climático y el calentamiento global. Estos fenómenos afectan la disponibilidad, estabilidad, accesibilidad y utilización de los alimentos, comprometiendo el bienestar y la sostenibilidad de los sistemas agroalimentarios locales (IPCC, 2014; FAO, 2016; Barrón & Delgado Cameo, 2016).

Molina Tejerina (2014) destaca que el cambio climático no solo repercute en la producción de alimentos, sino que también puede ejercer un impacto negativo en la salud de las comunidades rurales. El incremento en la incidencia de enfermedades asociadas a factores climáticos, tales como el dengue y la malaria, puede reducir la capacidad productiva de los agricultores, afectando directamente la producción agrícola y la seguridad alimentaria (Molina Tejerina, 2014; FAO, 2016). En este sentido, la sostenibilidad de la agricultura familiar está estrechamente vinculada al bienestar y la salud de sus integrantes.

Laura et al. (2016), en su estudio *Impacto en la Seguridad Alimentaria en Comunidades Andinas por el Cambio Climático*, señalan que el cambio climático puede generar inseguridad alimentaria y promover la migración forzada de los agricultores hacia zonas que ofrecen mejores condiciones de vida. Este fenómeno no solo afecta a las familias que se ven obligadas a abandonar sus tierras, sino que también conduce a la desintegración de las comunidades y a la pérdida de los conocimientos tradicionales asociados a la agricultura, lo que puede tener un impacto profundo y duradero en la cultura y la cohesión social (Laura et al., 2016; Barrón & Delgado Cameo, 2016; FAO, 2016).

El cambio climático profundiza las desigualdades sociales existentes, ya que las comunidades más vulnerables -quienes frecuentemente son las que menos contribuyen a las emisiones de gases de efecto invernadero- enfrentan los impactos más severos de este fenómeno (BID, 2021; IPCC, 2022). Esta situación genera desafíos en materia de equidad y justicia social, por lo que resulta fundamental que las políticas de adaptación y mitigación consideren las necesidades, capacidades y contextos particulares de dichas comunidades, asegurando una respuesta inclusiva y efectiva frente al cambio climático.

Por lo tanto, la implementación de un sistema de cosecha de agua de lluvia posibilita el aprovechamiento eficiente de este recurso para el riego durante la temporada seca, así como para riegos suplementarios en los meses de mayor precipitación (Goetter & Picht, 2015). De esta manera, se optimiza la disponibilidad hídrica y se fortalece la resiliencia de los sistemas agrícolas frente a la variabilidad climática.

El presente trabajo busca demostrar que la implementación de prácticas de siembra y cosecha de agua de lluvia, complementadas con el apoyo de tecnologías apropiadas, favorece el desarrollo de una agricultura sostenible. Esta integración contribuye a una gestión más eficiente del recurso hídrico, fortaleciendo su valor para la seguridad alimentaria y constituyéndose en una estrategia efectiva de adaptación y mitigación frente a los efectos del cambio climático (Goetter & Picht, 2015; Durán Valsero, 2022).

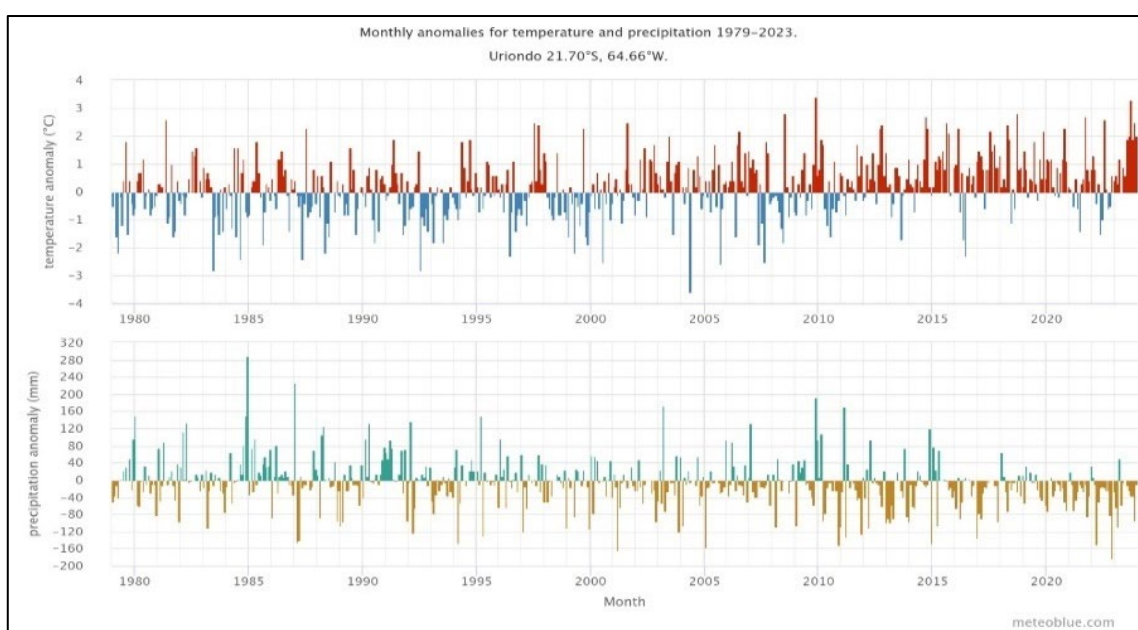
1.3.3 Justificación técnica ambiental

Los patrones de precipitación y temperatura han experimentado alteraciones significativas como consecuencia del cambio climático (IPCC, 2022; Goetter & Picht, 2015). En el área rural de Tarija, estos cambios se traducen en una mayor inestabilidad de las lluvias, lo que dificulta la planificación y el desarrollo de los ciclos de siembra y cosecha. Las comunidades campesinas resultan especialmente vulnerables ante estas variaciones climáticas, dado que su subsistencia depende fundamentalmente de la agricultura de secano (Barrón & Delgado Cameo, 2016; FAO, 2016).

Hoffmann (2016) señala que se proyecta un incremento de las temperaturas en la zona comprendido entre 1,8 y 5,8 °C a lo largo del siglo XXI. Este aumento puede tener efectos negativos sobre los rendimientos de los cultivos, ya que temperaturas más elevadas pueden reducir la productividad agrícola. Como consecuencia, la seguridad alimentaria de los agricultores se ve directamente comprometida, especialmente en regiones donde la agricultura constituye el principal medio de subsistencia (Hoffmann, 2016; IPCC, 2022; FAO, 2016).

Gráfico 3:

Relación de las anomalías de la temperatura y las precipitaciones en el municipio de Uriondo - Tarija



Nota: Elaboración propia en base a datos de Meteoblue.com

Según Torrico (2021), en Bolivia se ha registrado un incremento significativo de las temperaturas en los últimos años, lo que ha generado preocupación respecto a los efectos del cambio climático en el país. Este fenómeno ha puesto en evidencia la necesidad de profundizar en el análisis de sus impactos sobre los ecosistemas, la agricultura y las comunidades locales (Torrico, 2021; IPCC, 2022).

La temperatura media de Bolivia ha registrado un incremento de aproximadamente 1,2 °C entre 1890 y 2020. Si bien este aumento forma parte de una tendencia global, Bolivia está experimentando un ritmo de calentamiento superior a la media mundial (Torrico Albino, 2021). De acuerdo con el PNUD (2011), basado en estudios de la FAN, se prevé que para el año 2030 las temperaturas en las Tierras Bajas y los Yungas de Bolivia podrían aumentar entre 1 °C y 2 °C, con incrementos más pronunciados durante la estación seca, en la cual se

proyectan subidas de hasta 1,84 °C. Según estas proyecciones, la región de la Amazonía y el norte del país serán las áreas más afectadas por el calentamiento global.

Los registros del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI, 2023), evidencian que, tan solo durante el mes de noviembre de 2023, se superaron 15 récords históricos de temperaturas máximas en diversas localidades de Bolivia, lo que refuerza la evidencia de la intensificación del calentamiento global en la región. Esta situación resulta especialmente preocupante, ya que siete de los nueve departamentos del país han declarado emergencias por sequía, lo que pone de manifiesto la vulnerabilidad de los sistemas socioecológicos bolivianos ante los efectos del cambio climático (SENAMHI, 2023; PNUD, 2011).

El incremento de las temperaturas ha provocado una reducción significativa en los niveles de agua de lagos y ríos, disminuyendo la disponibilidad hídrica y limitando la capacidad de riego de los cultivos (Goetter y Picht, 2015). Este fenómeno se ve agravado por el aumento de la evaporación y la reducción de las fuentes de agua superficiales debido a las condiciones climáticas más cálidas. En Tarija, esta situación es especialmente crítica, ya que la agricultura familiar depende en gran medida tanto del agua de lluvia como de los recursos hídricos locales para garantizar la producción y la seguridad alimentaria de las comunidades rurales (Goetter y Picht, 2015; Barrón y Delgado Cameo, 2016).

De acuerdo con los informes del IPCC (2022), los ecosistemas están experimentando transformaciones significativas debido al incremento del estrés hídrico y a la mayor tasa de evapotranspiración asociada al cambio climático. Estas condiciones pueden alterar la biodiversidad y afectar los ciclos naturales de los ecosistemas. Además, la degradación y la erosión del suelo, aceleradas por el cambio climático, reducen la fertilidad y la capacidad productiva de los suelos agrícolas. La pérdida de cobertura vegetal y el avance de la desertificación constituyen preocupaciones relevantes, con impactos directos sobre la sostenibilidad agrícola de la región (FAO, 2018). Asimismo, las variedades de cultivos locales, fundamentales para la seguridad alimentaria, corren el riesgo de desaparecer como consecuencia de la degradación de los suelos (FAO, 2018).

El incremento de la temperatura y la mayor frecuencia de sequías están afectando negativamente la producción agropecuaria, lo que podría comprometer tanto la seguridad alimentaria como los ingresos económicos del sector agrícola (FAO, 2018). En Tarija, la agricultura familiar se sustenta en una amplia diversidad de cultivos, fundamentales para la dieta y la economía local. El cambio climático puede alterar los ecosistemas y reducir la biodiversidad, disminuyendo la capacidad de resiliencia de los sistemas agrícolas frente a nuevas condiciones ambientales. Esta pérdida de biodiversidad limita la capacidad de

adaptación de las comunidades y aumenta su vulnerabilidad ante eventos climáticos adversos (IPCC, 2014; FAO, 2018).

Las comunidades más vulnerables, que suelen ser las que menos contribuyen a las emisiones de gases de efecto invernadero, son a menudo las más afectadas por las consecuencias del cambio climático (IPCC, 2022; PNUD, 2021). Esta situación genera desafíos en materia de equidad y justicia social, ya que las políticas de adaptación y mitigación deben considerar prioritariamente las necesidades específicas y las capacidades de adaptación de estas poblaciones, con el fin de reducir sus niveles de vulnerabilidad y promover la inclusión social (PNUD, 2021; FAO, 2016).

De acuerdo con PROAGRO (2017), la implementación de sistemas de cosecha de agua de lluvia para el riego no solo contribuye al desafío de garantizar la seguridad alimentaria, sino que también favorece la restauración de los ecosistemas vinculados al ciclo hídrico, tales como bosques, montañas, humedales, ríos, acuíferos y lagos. Además, esta práctica aporta soluciones efectivas para contrarrestar la erosión y la degradación de los suelos, mejorando así la resiliencia de los sistemas agrícolas y naturales (PROAGRO, 2017; FAO, 2018; Goetter & Picht, 2015).

1.4 Objetivos de la Investigación

1.4.1 Objetivo General

Evaluar cómo la implementación de la siembra y cosecha de agua contribuye a la adaptación de la agricultura familiar frente al calentamiento global en las comunidades rurales de Huayco Grande y Rujero del municipio de Uriondo.

1.4.2 Objetivos Específicos

A continuación, se presentan los objetivos específicos alineados con el objetivo general propuesto, considerando el contexto de adaptación de la agricultura familiar frente al cambio climático y la implementación de prácticas de siembra y cosecha de agua:

- 1) Analizar el impacto de la siembra y cosecha de agua en la disponibilidad y gestión del recurso hídrico para la agricultura familiar en dichas comunidades.
- 2) Identificar las mejoras en la productividad agrícola familiar derivadas de la aplicación de técnicas de siembra y cosecha de agua.
- 3) Determinar las percepciones y conocimientos de los agricultores sobre la siembra y cosecha de agua como estrategia de adaptación al cambio climático.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del Problema

La escasez de agua en Bolivia, especialmente en áreas rurales, es un problema creciente debido a factores como el cambio climático, que altera los patrones de precipitación, y la insuficiente infraestructura para el manejo y almacenamiento del recurso hídrico (Cortez, 2016) y (Vargas, 2023). Esta situación afecta directamente la seguridad alimentaria y la producción agrícola familiar.

El cambio climático es uno de los principales factores que agravan esta problemática. Estudios recientes indican que Bolivia experimenta un aumento sostenido en la temperatura media anual, acompañado de alteraciones significativas en los patrones históricos de precipitación, con sequías prolongadas e intensas en regiones como los valles interandinos y el altiplano, y eventos extremos de inundación en otras zonas (MMAyA, 2020). Entre los años 2016 y 2022, el departamento de Tarija, al igual que otras regiones de Bolivia, sufrió los efectos de sequías recurrentes y prolongadas que afectaron gravemente a varios municipios, según reportes del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI-MMAyA-MDRyT-VIDECI, 2022) y análisis de la Fundación TIERRA (2022), a partir de reportes históricos del Instituto Nacional de Estadística (INE) y el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI).

El 2016, año considerado uno de los más críticos para Tarija en términos de déficit hídrico, varios municipios del Chaco tarijeño presentaron sequías severas que impactaron la agricultura y ganadería familiar. Según el SENAMHI y el Viceministerio de Defensa Civil, los municipios afectados en Tarija incluyen Caraparí, Villa Montes, Yacuiba y Entre Ríos, ubicados principalmente en la zona del Chaco, donde la intensidad de la sequía osciló entre leve y severa (SENAMHI-MMAyA-MDRyT-VIDECI, 2022). Estas condiciones adversas se reflejaron en la reducción de precipitaciones por debajo de los niveles normales para la región, afectando el ciclo fenológico de cultivos y la disponibilidad de agua para el consumo humano y animal.

Durante el periodo 2016-2022, la sequía en Tarija se mantuvo como un fenómeno recurrente, con episodios de sequía moderada a severa en la macroregión Chaco y en los valles tarijeños (SENAMHI-MMAyA-MDRyT-VIDECI, 2022).

El análisis de la Fundación TIERRA señala que Tarija, junto con La Paz y Cochabamba, estuvo muy cerca de registrar en 2022 niveles de sequía similares a los peores años históricos, como 2016, lo que evidencia una tendencia al aumento de la frecuencia e intensidad de eventos secos en la región (Fundación TIERRA, 2022). Esta situación se ve agravada por el cambio climático, que altera los patrones de precipitación y aumenta la

variabilidad climática, generando impactos negativos en la seguridad alimentaria y la gestión del agua en las zonas rurales, generando pérdidas en la producción agrícola y ganadera, afectando la economía y el bienestar de las comunidades campesinas, y evidenciando la necesidad de fortalecer estrategias de adaptación y gestión sostenible del recurso hídrico en el departamento (GAD TARIJA, 2023).

Esta situación evidencia cómo la variabilidad climática impacta directamente la disponibilidad hídrica para usos domésticos y productivos, tensionando la gestión comunitaria del agua.

Además, la insuficiente infraestructura para el manejo, almacenamiento y distribución del agua en las zonas rurales limita la capacidad de respuesta frente a estos desafíos. Esta situación reduce la eficiencia del sistema y la disponibilidad real del recurso para la agricultura familiar, que es la base económica y alimentaria de estas comunidades (Cortez, 2016).

La inseguridad hídrica afecta de manera directa la seguridad alimentaria y la producción agrícola familiar, ya que limita el riego y la producción de cultivos básicos, incrementando la vulnerabilidad socioeconómica y generando procesos de migración rural-urbana. El Ministerio de Medio Ambiente y Agua (2020) señala que la crisis climática ha provocado el retroceso de glaciares y la degradación de bofedales, elementos clave para el ciclo hídrico en las zonas altoandinas, lo que afecta la sostenibilidad de la agricultura familiar y la soberanía alimentaria del país. Por ello, la escasez de agua en áreas rurales no es solo un problema ambiental sino un desafío para el desarrollo sostenible, la equidad social y la salud pública.

Por lo tanto, la escasez de agua en Bolivia, especialmente en las zonas rurales, es resultado de la interacción entre el cambio climático, la insuficiente infraestructura hídrica y la gestión inadecuada del recurso (Cortez, 2016). Esta problemática impacta negativamente en la seguridad alimentaria y la producción agrícola familiar, poniendo en riesgo la subsistencia de millones de personas (Vargas, 2023). Para enfrentar este desafío, es imprescindible fortalecer políticas integrales que promuevan la adaptación climática, la inversión en infraestructura sostenible y la participación comunitaria en la gestión del agua, con el fin de garantizar un acceso equitativo y sostenible al recurso hídrico.

La agricultura familiar campesina en Bolivia depende en gran medida de la disponibilidad y manejo eficiente del agua, dado que esta constituye un recurso fundamental para la producción de alimentos y la subsistencia de millones de familias rurales. Según Vargas (2023), la adecuada y oportuna disponibilidad de agua incrementa significativamente la productividad de los cultivos, permitiendo a los agricultores diversificar su producción para

consumo local y comercialización, lo que a su vez fortalece la seguridad alimentaria y la economía comunitaria.

En Bolivia, la escasez y contaminación del recurso hídrico, sumadas a la distribución desigual del acceso, impactan de manera persistente el suministro de agua para consumo humano y actividades agropecuarias, especialmente en ecosistemas vulnerables como el Chaco, los valles interandinos y el altiplano (Vargas, 2023) y (MMAyA, 2023). El cambio climático ha provocado alteraciones significativas en los patrones de precipitación y un aumento en las tasas de evaporación, fenómenos que, junto con la expansión acelerada de la frontera agrícola y el crecimiento demográfico, ejercen una presión creciente sobre los recursos hídricos disponibles, complicando su gestión sostenible (FAO, 2022). Esta combinación de factores genera desafíos críticos para la seguridad hídrica y la resiliencia de los sistemas agroecosistémicos en Bolivia, requiriendo estrategias integrales de adaptación y manejo eficiente del agua (CIPCA, 2023).

Ante esta problemática, técnicas como la cosecha de agua y los sistemas de riego predial basados en microrreservorios familiares se han consolidado como estrategias eficaces para fortalecer la seguridad hídrica y aumentar la productividad agrícola en la agricultura familiar campesina (Hendriks, 2019). La cosecha de agua, definida como la captación y almacenamiento de agua de lluvia a nivel familiar o microregional, representa una alternativa económica y accesible para hogares con recursos limitados, contribuyendo a la mitigación de los impactos derivados de la sequía y la variabilidad climática (PROAGRO, 2017); (Vargas, 2023) y (CIPCA, 2023). En Bolivia, se han implementado con éxito los sistemas de riego predial con microrreservorios, principalmente en regiones vulnerables, demostrando que estas tecnologías permiten mejorar la disponibilidad hídrica local y fortalecer la resiliencia agroproductiva de las familias campesinas (FAO, 2018) y (Fundación TIERRA, 2022). Estas prácticas no solo optimizan el uso del recurso hídrico, sino que también promueven la sostenibilidad ambiental y la seguridad alimentaria en contextos rurales.

Sin embargo, la implementación efectiva de estas tecnologías requiere no solo la disponibilidad de recursos materiales, sino también la consolidación de acuerdos comunitarios y una organización social sólida. La gestión colectiva del recurso hídrico es esencial para asegurar un acceso equitativo y la sostenibilidad a largo plazo de los sistemas de cosecha y riego, dado que la integración de medidas de interceptación, retención, almacenamiento y regulación del agua demanda la participación activa y la cooperación coordinada entre los miembros de la comunidad (Vargas, 2023; CIPCA, 2023). Asimismo, la insuficiencia del apoyo estatal, tanto en términos financieros como técnicos, junto con la competencia por el agua con sectores extractivos como la minería, representan limitantes significativas para el desarrollo, operación y mantenimiento de estas prácticas en numerosas

comunidades rurales (Fundación TIERRA, 2022). Estas condiciones subrayan la necesidad de fortalecer las capacidades institucionales y promover políticas integrales que favorezcan la gestión participativa y sostenible del recurso hídrico.

También se debe mencionar que la cobertura de sistemas de riego en la agricultura familiar boliviana continúa siendo limitada y presenta marcadas desigualdades según el nivel de consolidación productiva. Estudios indican que solo el 41% de la agricultura familiar de subsistencia cuenta con acceso a riego, cifra que incrementa al 52% en la agricultura familiar intermedia y alcanza el 93% en la agricultura familiar consolidada, evidenciando brechas significativas en el acceso a tecnologías de riego y recursos productivos entre distintos segmentos del sector (MDRyT, 2023; FAO, 2023).

En este contexto, para fortalecer la agricultura familiar campesina y potenciar su capacidad de adaptación frente al cambio climático, resulta fundamental promover la expansión y mejora de los sistemas de cosecha y riego de agua. Estas medidas deben estar acompañadas de procesos de capacitación técnica, inversión en infraestructura hídrica adecuada y el fortalecimiento de la organización comunitaria, elementos clave para garantizar la sostenibilidad y eficiencia de los sistemas implementados (CIPCA, 2023; Vargas, 2023). La adopción de estas estrategias no solo incrementa la productividad agrícola, sino que también contribuye a mejorar la seguridad alimentaria y a fortalecer la resiliencia socioeconómica de las comunidades rurales en Bolivia, permitiendo una mejor gestión de los recursos naturales y una mayor estabilidad frente a las variabilidades climáticas (Fundación TIERRA, 2022).

La sequía prolongada y la variabilidad climática han provocado una crisis hídrica sin precedentes en Bolivia, afectando gravemente a varios departamentos, especialmente en zonas rurales, donde miles de familias campesinas han sido declaradas en situación de emergencia. Según Sierra Praeli (2023), 105 municipios de siete departamentos se han declarado en desastre por sequía. Los departamentos más golpeados incluyen Beni, Pando, Santa Cruz, La Paz, Cochabamba, Oruro, Chuquisaca, Potosí y Tarija, donde la falta de agua ha generado una reducción significativa en la disponibilidad hídrica para consumo humano y actividades productivas (Sierra Praeli, 2023).

Este fenómeno ha causado pérdidas considerables en cultivos básicos como papa, maíz y quinua, así como en la producción ganadera, afectando la cría de camélidos, ovejas y vacas, que son la base del sustento económico y alimentario de las comunidades campesinas.

La vulnerabilidad de estas comunidades se incrementa debido a la dependencia casi exclusiva de la agricultura familiar y la ganadería para su subsistencia, actividades que

requieren un acceso constante y suficiente al agua (Arenas, 2014). La pérdida de cultivos y animales no solo reduce la disponibilidad de alimentos, sino que también disminuye los ingresos familiares, aumentando la pobreza y la inseguridad alimentaria (OCHA, 2017).

El cambio climático es el principal motor de esta crisis, ya que el aumento de la temperatura media nacional ha alterado los patrones de lluvia, provocando sequías más intensas y prolongadas, así como una mayor variabilidad climática (MMAyA, 2023).

En el contexto específico de Uriondo, ubicado en el departamento de Tarija, a pesar de las inversiones recientes destinadas a mejorar la cobertura y acceso al agua, persisten problemas significativos relacionados con la calidad, distribución y suficiencia del recurso hídrico, que afectan especialmente a la agricultura familiar, en particular, durante la época de estiaje (septiembre a noviembre), se reportan déficits notables tanto para consumo humano como para riego agrícola, lo que afecta directamente la producción familiar como se reporta en el Plan Departamental del Agua. La demanda de agua para riego en el departamento de Tarija representa aproximadamente el 76% del consumo total, concentrándose en el subsistema del río Grande, que es fundamental para la agricultura en Uriondo y sus comunidades (GAD Tarija, 2021). Sin embargo, la oferta hídrica no siempre satisface la demanda, especialmente en cuencas como Tomayapo y Santa Ana, donde se prevén déficits futuros que podrían agravar la escasez.

Estas condiciones dificultan que la agricultura familiar mantenga una producción estable, dado que la escasez y el racionamiento del agua limitan el riego, reducen los rendimientos agrícolas y aumentan la inseguridad alimentaria y económica de las familias campesinas.

En síntesis, aunque Uriondo ha recibido inversiones importantes para mejorar el acceso al agua, la calidad, distribución y suficiencia del recurso aún presentan desafíos significativos. Como indica la Fundación Tierra (2022), la agricultura familiar, principal actividad económica del municipio, enfrenta retos para sostener su producción ante la escasez y racionamiento del agua, situación que demanda la continuidad y fortalecimiento de proyectos de infraestructura hídrica, gestión integrada del recurso y medidas de adaptación climática para garantizar la seguridad hídrica y alimentaria en la región.

Estos antecedentes muestran que la falta de agua en las comunidades rurales de Huayco Grande y Rujero no solo es un problema local, sino parte de una crisis hídrica más amplia que afecta la agricultura familiar en Bolivia, con implicaciones directas en la seguridad alimentaria, la economía familiar y la sostenibilidad ambiental.

Por ello, la investigación busca profundizar de qué manera la implementación de la siembra y cosecha de agua contribuye a la adaptación de la agricultura familiar frente al

calentamiento global en las comunidades rurales de Huayco Grande y Rujero del municipio de Uriondo

Para una real comprensión de la práctica de siembra y cosecha de agua, el estudio tendrá una duración de una campaña agrícola (julio 2023 a junio 2024) que comprende el período de preparación de las prácticas agrícolas y el período de lluvias; además de un análisis de los cambios producidos en últimos 10 años de la implementación de esas prácticas en la zona de estudio.

2.2 Bases Teóricas

La tesis propuesta se fundamenta en los siguientes conceptos y enfoques teóricos:

2.2.1 Estrategias de siembra y cosecha de agua

La siembra y cosecha de agua constituye una tecnología ancestral que se basa en la recolección, infiltración y posterior aprovechamiento del agua de lluvia, permitiendo su almacenamiento en el subsuelo (siembra) para su uso en periodos de escasez (cosecha). Esta práctica, que integra saberes locales y técnicas tradicionales, ha sido ampliamente documentada como una estrategia eficaz para enfrentar la crisis hídrica y la inseguridad alimentaria, especialmente en contextos rurales afectados por la variabilidad climática (FAO, 2013; Goetter y Picht, 2015; Martos Rosillo y Durán Valsero, 2019; Mogil Manso, 2007; INFOBAE, 2022; RUMBOS, 2021). En Bolivia, la adopción de la siembra y cosecha de agua se ha intensificado como respuesta a los efectos del cambio climático sobre la agricultura, permitiendo a las comunidades rurales mejorar su resiliencia, asegurar el riego complementario y sostener la producción agrícola durante épocas de sequía (Morales y Orlandini, 2002; PROAGRO, 2017; Goetter y Picht, 2015; FAO, 2013).

Según Goetter y Picht (2015) y PROAGRO (2017), en las regiones altas de Bolivia, donde predomina la agricultura de secano, la siembra y cosecha de agua es reconocida internacionalmente por su carácter integral y participativo. Esta práctica implica almacenar agua en las partes intermedias de las cuencas hidrográficas para garantizar la sostenibilidad agrícola y la seguridad alimentaria local.

Alarcón (2021) sostiene que enfrentar los efectos del cambio climático en la agricultura familiar requiere la implementación de estrategias de siembra y cosecha de agua, así como otras prácticas sostenibles y medidas de adaptación. Estas acciones no solo reducen los impactos del cambio climático, sino que también contribuyen a la restauración ambiental y a la mejora de la seguridad alimentaria.

En Bolivia, la siembra y cosecha de agua se realiza mediante diversos métodos tradicionales, esenciales para la gestión eficiente del recurso hídrico y la adaptación al cambio climático. Entre las principales técnicas destacan:

- **Atajados:** Según Goetter y Picht (2019), los atajados son pequeñas represas construidas para almacenar agua de lluvia, cuyo origen en Bolivia se remonta a la década de los años 60. Inicialmente, estas estructuras se utilizaban como abrevaderos para el ganado o para almacenar agua destinada al riego familiar. Con el tiempo, y gracias al apoyo de programas estatales y organizaciones no gubernamentales, los atajados evolucionaron y se ampliaron, permitiendo la recolección de volúmenes significativos de agua para uso agrícola.
- **Quchas (cochas):** Las quchas, también conocidas como cochas, son reservorios o lagunas artificiales ampliamente utilizadas en Bolivia para captar y almacenar agua de precipitaciones y escorrentías superficiales, especialmente en regiones con limitada disponibilidad hídrica (SEMTA y FONAMA, 2000). Estas estructuras permiten disponer de agua durante los períodos secos, fortaleciendo la resiliencia de los sistemas productivos familiares y promoviendo la sostenibilidad agrícola (RUMBOS, 2021; PROAGRO, 2017).
- **Canales o zanjas de infiltración:** Estas técnicas ancestrales, implementadas en Bolivia y otras regiones andinas, consisten en zanjas excavadas a lo largo de curvas de nivel, diseñadas para interceptar y conducir el agua de lluvia hacia el subsuelo, favoreciendo su infiltración y la recarga de acuíferos (SEMTA y FONAMA, 2000). Su uso es especialmente relevante en áreas montañosas, donde la erosión y la escasez de agua superficial son desafíos recurrentes para la agricultura familiar y la seguridad alimentaria.
- **Reforestación y siembra de especies nativas:** La reforestación y la siembra de especies vegetales nativas son prácticas clave para la conservación y recuperación de los ecosistemas hídricos en zonas andinas. Estas acciones incrementan el caudal de manantiales y bofedales, conocidos como “madres del agua”, y favorecen la retención de humedad en el suelo y la recarga de acuíferos, contribuyendo a la sostenibilidad de los sistemas agrícolas y pecuarios (Llambí y Garcés, 2020; SEMTA y FONAMA, 2000).
- **Terrazas agrícolas (andenes o taqanas):** Las terrazas, conocidas localmente como andenes o taqanas, son estructuras construidas en áreas montañosas para transformar laderas en superficies cultivables (Chilón Camacho, 2011). Estas plataformas escalonadas previenen la erosión, facilitan la retención hídrica y optimizan la infiltración y el almacenamiento de agua en el suelo, lo que incrementa la productividad agrícola y la sostenibilidad de los sistemas productivos en zonas de pendiente (Chilón Camacho,

en AgroBolivia, 2011).

La implementación integrada de estas prácticas ancestrales de gestión hídrica es fundamental para enfrentar la escasez hídrica inducida por el cambio climático en las comunidades campesinas andinas. Estas estrategias incrementan la disponibilidad de agua, aseguran la seguridad alimentaria y fortalecen la capacidad de adaptación de los sistemas productivos frente a la variabilidad climática (Llambí y Garcés, 2020). Asimismo, contribuyen a la conservación de los recursos hídricos y a la mejora de la salud de los ecosistemas, promoviendo la sostenibilidad ambiental y la resiliencia socioecológica de las comunidades rurales (SEMTA y FONAMA, 2000).

2.2.2 Impactos y sostenibilidad de la siembra y cosecha de agua

La siembra y cosecha de agua constituye una estrategia de gestión hídrica de vital relevancia en Bolivia, especialmente en el contexto de la variabilidad y el cambio climático (Goetter y Picht, 2015; PROAGRO, 2017). Esta práctica ancestral incrementa la disponibilidad y el acceso al recurso hídrico, permitiendo a las comunidades campesinas asegurar el riego complementario de sus cultivos y mitigar los efectos adversos derivados de la reducción de precipitaciones y la intensificación de las sequías (Goetter y Picht, 2015; PROAGRO, 2017).

La implementación de sistemas de siembra y cosecha de agua posibilita a los agricultores disponer de riegos complementarios, lo que les permite ejecutar varios ciclos agrícolas a lo largo del año, particularmente en cultivos como hortalizas y papa (PROAGRO, 2017). Esta práctica incrementa la regularidad y el volumen de las cosechas, contribuyendo a mejorar los ingresos económicos de las familias campesinas y fortaleciendo su seguridad alimentaria, al reducir la dependencia de una única temporada de producción y mitigar los efectos adversos de la variabilidad climática (CEPAL, 2014; Hendricks, 2019; Román-Montes de Oca et al., 2021).

La gestión participativa y el uso eficiente del agua cosechada son fundamentales para consolidar modelos sostenibles de producción agrícola familiar (PROAGRO, 2017). La siembra y cosecha de agua representa una respuesta eficaz frente a la reducción de las precipitaciones y la creciente variabilidad climática, fenómenos que afectan significativamente la disponibilidad de agua para la agricultura en las regiones andinas (PROAGRO, 2017; Llambí y Garcés, 2020). Al permitir el almacenamiento y aprovechamiento del agua de lluvia, esta técnica contribuye a que las familias campesinas puedan enfrentar los períodos de sequía, asegurando el suministro hídrico para el riego agrícola y otros usos domésticos. Como resultado, se incrementa la producción y la diversificación de cultivos, lo que se traduce en

mayores ingresos económicos para las familias rurales y en una mejora sustancial de su seguridad alimentaria (PROAGRO, 2017; SEMTA y FONAMA, 2000).

De acuerdo con Durán Valsero (2022), la siembra y cosecha de agua desempeña un papel fundamental en la protección y conservación de las fuentes hídricas. La construcción de represas, tanques de almacenamiento y otras estructuras de retención permite minimizar la escorrentía superficial y maximizar la infiltración de agua hacia el subsuelo, favoreciendo así la recarga de acuíferos y asegurando la disponibilidad hídrica en el ecosistema (Durán Valsero, 2022; PROAGRO, 2017). Complementariamente, la implementación de técnicas como la reforestación y la construcción de zanjas de infiltración contribuye a prevenir la erosión del suelo, mejorar su calidad y aumentar su capacidad de retención de humedad, aspectos esenciales para la sostenibilidad de los sistemas agrícolas (SEMTA y FONAMA, 2000).

La utilización de materiales locales en la construcción de infraestructuras para la siembra y cosecha de agua no solo promueve la sostenibilidad económica y ambiental, sino que también fomenta la apropiación comunitaria y el rescate de conocimientos ancestrales en la gestión integral del recurso hídrico (PROAGRO, 2017; Durán Valsero, 2022).

La implementación participativa de prácticas de gestión hídrica fortalece la capacidad organizativa y el liderazgo de las comunidades locales, al involucrarlas activamente en la toma de decisiones y la administración de los recursos naturales. Según Llambí y Garcés (2020) y PROAGRO (2017), este enfoque es fundamental para asegurar que los proyectos de manejo del agua sean sostenibles a largo plazo, ya que promueve la apropiación comunitaria, la continuidad de las acciones y la adaptación de las intervenciones a las necesidades y conocimientos locales. Así, la participación activa de la población en la gestión del agua no solo mejora la eficiencia de los proyectos, sino que también contribuye a la consolidación de procesos democráticos y equitativos en la administración de recursos estratégicos.

2.2.3 Impactos del cambio climático en la agricultura familiar

El cambio climático representa una de las principales amenazas para la agricultura familiar campesina, sector fundamental para la seguridad alimentaria y la economía rural en numerosas regiones del mundo (IFPRI, 2009).

El aumento de las temperaturas y la mayor variabilidad de las precipitaciones afectan directamente la producción agrícola, provocando fluctuaciones en los rendimientos y reduciendo la disponibilidad de alimentos. Según el IFPRI (2009), los efectos del cambio climático podrían reducir los rendimientos de los cultivos hasta en un 10% para el año 2055,

situación especialmente preocupante en áreas donde la agricultura familiar depende en gran medida de las lluvias, como es el caso del municipio de Uriondo.

La variabilidad climática también favorece la propagación de plagas y enfermedades, que impactan negativamente en los cultivos. La FAO (2021) estima que las plagas destruyen hasta un 40% de la producción mundial de cultivos, mientras que las enfermedades vegetales generan pérdidas anuales superiores a 220 mil millones de dólares a nivel global. Esto no solo disminuye la cantidad de alimentos disponibles, sino que incrementa los costos de producción para los agricultores, quienes deben invertir más en insumos como pesticidas y tratamientos.

De acuerdo con informes de la CEPAL-IICA-FAO (2011) y la CEPAL (2014), el cambio climático contribuye a la degradación de los ecosistemas, afectando la disponibilidad de agua y la salud del suelo, factores esenciales para la agricultura familiar. La deforestación y la pérdida de biodiversidad, agravadas por el cambio climático, menoscaban la capacidad de los agricultores para mantener sus medios de vida y asegurar la producción sostenible

Estos fenómenos empeoran las condiciones de vida de poblaciones rurales ya vulnerables, incrementando el hambre y la malnutrición, especialmente en comunidades que dependen de la agricultura para su subsistencia (FAO, 2021). Alarcón (2021) señala que la agricultura familiar enfrenta desafíos adicionales para adaptarse, debido a la falta de acceso a tecnologías y recursos que permitan implementar prácticas agrícolas resilientes, así como a la insuficiente capacitación en técnicas sostenibles y tecnologías innovadoras.

El cambio climático pone en riesgo la viabilidad de la agricultura familiar campesina, afectando tanto la producción como la seguridad alimentaria. Sin embargo, como mencionan García y Mirabal (2021), es posible mitigar estos efectos a través de la implementación de políticas apropiadas y el fomento de prácticas sostenibles.

A pesar de los desafíos, la agricultura familiar también presenta oportunidades para responder al cambio climático. La adopción de prácticas agroecológicas puede mejorar la resiliencia de los sistemas agrícolas, promoviendo un uso más sostenible de los recursos y fortaleciendo la seguridad alimentaria local. Estas prácticas no solo ayudan a mitigar los efectos del cambio climático, sino que también contribuyen a la restauración ambiental y a la conservación de la biodiversidad.

2.2.4 Adaptación al cambio climático

El IPCC (2014) define la adaptación como el proceso de ajuste al clima real o proyectado y sus efectos. En los sistemas humanos, la adaptación busca moderar o evitar daños y aprovechar oportunidades beneficiosas asociadas al cambio climático. En los

sistemas naturales, la intervención humana puede facilitar el ajuste al clima proyectado y a sus consecuencias (IPCC, 2014).

La adaptación al cambio climático consiste en la implementación de acciones y estrategias orientadas a reducir la vulnerabilidad de los sistemas naturales y humanos frente a sus efectos, incluyendo eventos climáticos extremos, pérdida de biodiversidad e inseguridad alimentaria e hídrica. Según el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, estas medidas son esenciales para disminuir los riesgos y potenciar la resiliencia de las comunidades y ecosistemas (IPCC, 2014).

Entre las principales características de la adaptación al cambio climático se encuentran los cambios en las prácticas agrícolas, como la introducción de cultivos más resistentes a condiciones climáticas adversas, y la mejora de infraestructuras para hacer frente a inundaciones y sequías (FAO, 2021; IPCC, 2014). Estas transformaciones permiten a los agricultores y comunidades afrontar mejor los desafíos derivados de la variabilidad climática.

El PNUD (2024) resalta que las iniciativas de adaptación pueden desarrollarse a nivel local, donde las comunidades implementan soluciones contextualizadas y apropiadas a sus realidades. Sin embargo, la formulación de políticas y estrategias a nivel nacional e internacional resulta fundamental para abordar el problema de manera integral y garantizar una respuesta global coordinada (PNUD, 2024).

De acuerdo con el PNUD, la adaptación adquiere cada vez mayor relevancia debido al aumento constante de las temperaturas globales y la intensificación de los fenómenos climáticos extremos, particularmente en países en desarrollo, que presentan una mayor vulnerabilidad por su dependencia de los recursos naturales y su limitada capacidad de adaptación (PNUD, 2024).

Entre los tipos de adaptación destacan la adaptación planificada, que comprende iniciativas organizadas y estructuradas impulsadas por gobiernos o instituciones para abordar problemas específicos relacionados con el cambio climático, y la adaptación autónoma, que refiere a las medidas adoptadas por comunidades o individuos en respuesta a los cambios climáticos observados o anticipados, sin intervención externa (IPCC, 2014; PNUD, 2024).

Por estos antecedentes, la adaptación a los efectos del cambio climático es crucial para proteger tanto los ecosistemas y la biodiversidad como el bienestar humano (IPCC, 2014; PNUD, 2024).

En el caso boliviano, la adaptación al cambio climático, según la Actualización de las Contribuciones Nacionalmente Determinadas¹ (CND) para el periodo 2021-2030 en el marco del Acuerdo de París, contempla la promoción del manejo integral y sustentable de los bosques, el fortalecimiento de la resiliencia de los sistemas productivos, el aumento de la capacidad de adaptación de las sociedades y la reducción de la vulnerabilidad de diversos sectores sociales, económicos y ambientales, bajo principios de justicia climática y con un enfoque articulado en la lucha contra el cambio climático (Ministerio de Medio Ambiente y Agua, Bolivia, 2021).

2.2.5 Medidas de adaptación

Las medidas de adaptación al cambio climático abarcan una amplia variedad de enfoques y estrategias, cada una enfocada en reducir la vulnerabilidad y fortalecer la resiliencia de los sistemas humanos y naturales ante los impactos climáticos adversos. Entre las principales medidas destacan:

- **Agricultura Resiliente:** La agricultura resiliente se define como un enfoque integral que fortalece la capacidad de los sistemas agrícolas para anticipar, adaptarse y recuperarse de los impactos adversos del cambio climático y otros factores ambientales, asegurando la seguridad alimentaria y los medios de vida sostenibles (FAO, 2013; FAO, 2018). De acuerdo con el proyecto DAKI (2023), este tipo de agricultura es esencial para garantizar la seguridad alimentaria en un contexto donde los fenómenos climáticos extremos son cada vez más frecuentes y severos, permitiendo a las comunidades rurales enfrentar mejor los desafíos asociados a la variabilidad climática.
- **Infraestructura Resiliente:** La infraestructura resiliente es aquella capaz de resistir, absorber, adaptarse y recuperarse rápidamente de impactos adversos, garantizando la continuidad de servicios esenciales durante y después de desastres naturales y crisis climáticas (UNDRR, 2015). Este concepto es fundamental para la gestión del

¹ La Contribución Nacionalmente Determinada (CND), conocida en inglés como Nationally Determined Contribution (NDC), es un compromiso climático que cada país establece en el marco del Acuerdo de París para enfrentar el cambio climático. Estas contribuciones detallan las acciones que cada nación llevará a cabo para limitar el aumento de la temperatura global a 1,5 °C, adaptarse a los impactos climáticos y asegurar la financiación necesaria para alcanzar estos objetivos (PNUD, 2023). Las CND son planes a corto y mediano plazo que deben actualizarse cada cinco años, con metas progresivamente más ambiciosas, ajustadas a las capacidades y circunstancias nacionales.

En el caso de Bolivia, la CND está alineada con la visión del Vivir Bien y busca enfrentar las causas estructurales de la crisis climática, incorporando sectores clave como bosques, energía, agropecuario y agua, y transversalizando temas como interculturalidad, derechos humanos, género y educación ambiental. Aunque las CND son compromisos políticamente respaldados, no son legalmente vinculantes y su cumplimiento depende de la voluntad política, la cooperación internacional y los recursos disponibles (Fundación Solón, 2022).

riesgo y la protección de comunidades vulnerables. El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2014) destaca que la infraestructura resiliente es un componente clave para la adaptación al cambio climático, ya que contribuye a proteger el bienestar y la seguridad de las poblaciones frente a riesgos crecientes.

- **Gestión del Agua:** La gestión sostenible del agua comprende el conjunto de prácticas, políticas y tecnologías orientadas a optimizar el uso eficiente y sostenible del recurso hídrico (FAO, 2017; FAO, 2020). La implementación de sistemas de riego eficientes es fundamental para enfrentar los retos del cambio climático y garantizar la seguridad alimentaria. Asimismo, UN Water (2018) señala que la gestión sostenible del agua, incluyendo sistemas de riego mejorados, es crucial para la adaptación al cambio climático, ya que ayuda a mitigar impactos negativos y facilita el desarrollo sostenible y la prosperidad de las comunidades.
- **Ecosistemas:** Los ecosistemas terrestres, como bosques y humedales, desempeñan un papel esencial en la regulación del clima global, actuando como sumideros de carbono y contribuyendo a la conservación de la biodiversidad y a la provisión de servicios ecosistémicos vitales para la adaptación y mitigación del cambio climático (IPCC, 2019). La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2018) resalta que los bosques y humedales son estratégicos para la conservación de la biodiversidad y la provisión de servicios ecosistémicos esenciales, siendo fundamentales tanto para la mitigación como para la adaptación al cambio climático.

2.2.6 Resiliencia

La resiliencia, según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), consiste en la capacidad de prevenir, anticipar, amortiguar, afrontar y recuperarse de los desastres y crisis de manera oportuna, eficiente y sostenible (FAO, 2012). Esta capacidad implica la protección, restauración y mejora de los sistemas de vida frente a amenazas que afectan la agricultura, la nutrición, la seguridad alimentaria y la inocuidad de los alimentos, garantizando así la continuidad y sostenibilidad de los medios de subsistencia en contextos adversos (FAO, 2012; BID, 2014).

Por su parte, el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) define la resiliencia como la habilidad de los sistemas sociales, económicos y ambientales para afrontar eventos, tendencias o perturbaciones peligrosas, respondiendo o reorganizándose de manera que mantengan sus funciones esenciales, identidad y estructura, y conservando, además, la capacidad de adaptación, aprendizaje y transformación (IPCC, 2007).

En conjunto, ambas definiciones coinciden en que la resiliencia implica no solo la capacidad de recuperación frente a eventos adversos, sino también la habilidad de adaptación y transformación para sostener la funcionalidad y sostenibilidad de los sistemas ante los impactos del cambio climático. Como señala la Union of Concerned Scientists (UCSUSA, 2022), la resiliencia es la “*capacidad social, económica y ambiental para enfrentar un evento peligroso*” o perturbaciones climáticas, incluyendo la capacidad de personas, comunidades y sistemas naturales para absorber los efectos, adaptarse a nuevas circunstancias y transformarse cuando sea necesario.

Para asegurar que las sociedades no solo sobrevivan, sino que también prosperen en un entorno cada vez más desafiante, el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) recomienda que sea esencial desarrollar la capacidad de adaptación al cambio climático a través de un enfoque proactivo y colaborativo, permitiendo así la construcción de comunidades más fuertes y sostenibles, capaces de enfrentar los desafíos futuros (IPCC, 2014).

La resiliencia fomenta la implementación de estrategias adaptativas que permiten a las comunidades prepararse para los cambios climáticos anticipados, en lugar de simplemente reaccionar ante ellos. Estas estrategias pueden incluir prácticas agrícolas sostenibles, gestión eficiente del agua y construcción de infraestructuras resistentes, tal como recomienda el IPCC (2022).

El Banco Interamericano de Desarrollo (BID, 2014) señala que la incorporación de políticas climáticas con enfoque social es clave para garantizar que las comunidades vulnerables accedan a los recursos necesarios para adaptarse al cambio climático, reducir los impactos negativos y apoyar un desarrollo sostenible y equitativo.

En el sector rural y, particularmente, en el agrícola, el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) recomienda la adopción de diversas medidas estratégicas para incrementar la capacidad de resiliencia frente a los impactos del cambio climático. Entre ellas se destacan:

1. Prácticas de Agricultura Sostenible

Cultivos de cobertura; el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) reconoce que la siembra de cultivos de cobertura, especialmente aquellos que fijan nitrógeno, contribuye significativamente a la prevención de la erosión y a la retención de humedad en el suelo, aspectos fundamentales para mantener la fertilidad y reducir la dependencia de fertilizantes químicos (IPCC, 2007; IPCC, 2019). Estas prácticas forman parte de las estrategias de manejo sostenible de tierras, ya que aumentan la materia orgánica, mejoran la estructura y la capacidad de retención hídrica del suelo, y estabilizan el carbono, lo que

contribuye a la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero y promueve la sostenibilidad agroambiental (IPCC, 2007; FAO, 2018). Por ello, el IPCC recomienda la adopción de cultivos de cobertura como una medida técnica efectiva para conservar el suelo y optimizar el uso del agua, siempre acompañada de un análisis previo de las características físico-químicas del suelo y una gestión adecuada de la infraestructura de riego (IPCC, 2019).

Labranza Mínima o No Labranza; el IPCC también recomienda la adopción de prácticas de labranza mínima o no labranza como estrategia eficaz para reducir la alteración del suelo, conservar el carbono orgánico y mejorar la salud general del suelo (IPCC, 2019). Estas técnicas mantienen la estructura del suelo, incrementan la materia orgánica y favorecen la actividad biológica, aumentando la capacidad de retención de agua y la resistencia a la erosión (FAO, 2017). Además, la reducción de la labranza disminuye las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a la perturbación del suelo, contribuyendo a la mitigación del cambio climático (IPCC, 2014).

El IPCC recomienda combinar estos sistemas de labranza con otras prácticas de manejo sostenible para optimizar la conservación del carbono y mejorar la resiliencia hídrica de los suelos agrícolas (IPCC, 2019).

2. Uso Eficiente del Agua

Sistemas de riego sostenibles; el IPCC recomienda la implementación de sistemas de riego sostenibles como medida clave para mejorar la eficiencia hídrica en la agricultura y aumentar la resiliencia frente al cambio climático (IPCC, 2019). Tecnologías como el riego por goteo reducen significativamente las pérdidas por evaporación y escurrimiento, optimizando el uso del agua y mejorando la productividad agrícola (FAO, 2013).

El manejo integral y sostenible de cuencas hidrográficas es fundamental para asegurar un suministro hídrico constante y de calidad, ya que permite conservar ecosistemas acuáticos, regular flujos de agua y mitigar impactos de eventos extremos como sequías e inundaciones (PNUMA, 2016). La combinación de tecnologías eficientes de riego con una gestión adecuada de cuencas contribuye a la sostenibilidad hídrica y la adaptación climática en el sector agrícola (IPCC, 2019; FAO, 2017).

Reservorios de Agua; el IPCC recomienda la construcción y mantenimiento de reservorios de agua como medida clave para almacenar agua durante períodos de sequía, contribuyendo así a la seguridad hídrica y la resiliencia de los sistemas agrícolas frente al cambio climático (IPCC, 2018; IPCC, 2019). Estos reservorios regulan la disponibilidad del recurso, facilitan el riego en temporadas críticas y mitigan los efectos de la variabilidad climática.

La FAO enfatiza que el desarrollo de infraestructura para almacenamiento de agua, junto con la gestión integrada de cuencas, es fundamental para optimizar el uso del agua en la agricultura familiar y garantizar la adaptación al cambio climático (FAO, 2017; UN Water, 2018).

3. Investigación y Desarrollo

El IPCC destaca la importancia de promover la investigación y adopción de variedades de cultivos resistentes a condiciones climáticas extremas, como sequías e inundaciones, para mantener la producción agrícola en un entorno cambiante (IPCC, 2014; IPCC, 2019). Esta estrategia incluye la modificación de fechas de siembra y la mejora en la gestión de tierras (IPCC, 2007). La FAO subraya que el desarrollo y difusión de cultivos más tolerantes al estrés climático es fundamental para aumentar la resiliencia de los sistemas alimentarios, especialmente en regiones vulnerables (FAO, 2017).

Asimismo, el IPCC recomienda la adopción de tecnologías y prácticas de agricultura climáticamente inteligente (CSA) que aumenten la productividad agrícola y reduzcan las emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo simultáneamente a la adaptación y mitigación del cambio climático (IPCC, 2019). Entre estas prácticas destacan los sistemas agroforestales y el manejo integrado de plagas (MIP)², que promueven la sostenibilidad y resiliencia de los sistemas agrícolas. La FAO define la agricultura climáticamente inteligente como un enfoque que combina técnicas para mejorar la seguridad alimentaria y abordar los desafíos climáticos, resaltando el MIP y los sistemas agroforestales como efectivos para controlar plagas de forma natural y mejorar la salud del suelo (FAO, 2018).

4. Capacitación y asistencia técnica

El IPCC subraya la importancia de formar a los agricultores en prácticas de agricultura sostenible y administración eficaz de recursos para potenciar su capacidad de adaptación y resiliencia ante el cambio climático (IPCC, 2019; IPCC, 2022). Esta capacitación permite implementar técnicas más resilientes, incrementar la productividad y reducir la vulnerabilidad ante fenómenos extremos (FAO, 2017).

² El manejo integrado de plagas (MIP) es un sistema de control de plagas que integra diversas técnicas y métodos, priorizando la reducción del uso de plaguicidas y la protección del medio ambiente y la salud humana. Este enfoque combina métodos biológicos, culturales, físicos y químicos, aplicando las alternativas menos agresivas y utilizando químicos solo cuando otras estrategias no son suficientes.

El concepto fue definido inicialmente por Smith & Allen (1954) y Bartlett (1956), quienes lo describieron como un sistema que combina e integra los métodos químicos y biológicos para el control de plagas. El MIP se basa en la evaluación, monitoreo y prevención, y promueve una agricultura más sostenible y eficiente.

La FAO, PROAGRO y CIPCA destacan que la fusión de saberes técnicos con conocimientos locales y la responsabilidad compartida entre agricultores y técnicos son fundamentales para mejorar las prácticas agrícolas adaptativas (FAO, 2017; PROAGRO, 2017; CIPCA, 2023). La capacitación debe ser contextualizada, accesible y acompañada de apoyo institucional para garantizar su efectividad y sostenibilidad (IPCC, 2019).

El asesoramiento técnico, según el IPCC, es esencial para facilitar la adopción de tecnologías y prácticas agrícolas adecuadas, fortaleciendo la capacidad adaptativa de los pequeños agricultores (IPCC, 2019; IPCC, 2022). Este apoyo permite mejorar la gestión de recursos, implementar prácticas climáticamente inteligentes y responder de manera efectiva a los impactos climáticos adversos (FAO, 2017).

5. Adaptación Ecosistémica

Restauración de ecosistemas; la protección y restauración de ecosistemas naturales, como humedales y bosques, es una estrategia fundamental para regular el clima local, mejorar la calidad del agua y conservar la biodiversidad (IPCC, 2019; IPCC, 2022). Estos ecosistemas actúan como sumideros de carbono, contribuyen a la mitigación del cambio climático y proporcionan servicios ecosistémicos esenciales que fortalecen la resiliencia de las comunidades campesinas frente a eventos climáticos extremos (FAO, 2023).

La restauración de ecosistemas reduce riesgos climáticos, protege medios de vida, mejora la salud humana y aumenta la seguridad alimentaria (IPCC, 2022). La colaboración con pueblos indígenas y comunidades locales es clave para el éxito de estas medidas, garantizando que las estrategias consideren los futuros impactos del calentamiento global (IPCC, 2022; CIPCA, 2023; PROAGRO, 2017).

Integración de árboles en granjas; la incorporación de árboles en los sistemas agrícolas, como en los sistemas agroforestales, mejora la biodiversidad y proporciona beneficios climáticos y productivos, incluyendo sombra y protección de cultivos frente a condiciones extremas (IPCC, 2019). La FAO y otros expertos destacan que la integración de árboles en las granjas ayuda a mejorar la estructura del suelo, conservar la humedad y favorecer hábitats para la fauna, fortaleciendo la resiliencia de los sistemas agrícolas (FAO, 2023).

6. Políticas Públicas y de colaboración

Desarrollo de políticas inclusivas; para priorizar las inversiones en adaptación en el sector agrícola, el IPCC recomienda que las políticas públicas integren explícitamente el cambio climático, promoviendo enfoques inclusivos que consideren las vulnerabilidades

sociales, económicas y ambientales (IPCC, 2019; IPCC, 2022). Estas políticas deben facilitar la implementación de medidas adaptativas, fortalecer la resiliencia de los sistemas agroalimentarios y asegurar que los recursos lleguen a las comunidades más vulnerables, especialmente pequeños agricultores y grupos marginados (FAO, 2023).

Colaboración con comunidades locales; el IPCC destaca que la colaboración activa con las comunidades locales en la toma de decisiones sobre la gestión agrícola es fundamental para asegurar que las soluciones sean adecuadas a sus necesidades y contextos específicos, mejorando la efectividad y sostenibilidad de las estrategias de adaptación (IPCC, 2019). Además, las estrategias comunitarias de adaptación fortalecen la capacidad de las comunidades rurales para enfrentar desastres, administrar sus tierras y diversificar sus medios de vida, siendo la participación local clave para el éxito de la adaptación (IPCC, 2019).

El papel de los pueblos indígenas y comunidades locales como guardianes de los ecosistemas es crucial, ya que aportan conocimientos tradicionales que contribuyen a la conservación de la biodiversidad, la mitigación del cambio climático y la resiliencia social (IPCC, 2022). La inclusión de estos conocimientos y la participación activa en la planificación y gestión de recursos naturales promueven una gobernanza más equitativa y efectiva, aumentando la capacidad adaptativa y reduciendo vulnerabilidades (IPCC, 2022).

La implementación de estas medidas no solo permite al sector agrícola adaptarse mejor al cambio climático, sino que también contribuye al desarrollo sostenible y a la seguridad alimentaria. Tanto el IPCC como la FAO destacan que estas acciones integradas aumentan la resiliencia de los sistemas productivos, conservan los recursos naturales y mejoran el bienestar socioeconómico de las comunidades rurales, asegurando un futuro más sostenible y equitativo (FAO, 2023; IPCC, 2022).

2.3 Marcos Conceptuales

2.3.1 Seguridad alimentaria

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 1996) define la seguridad alimentaria nutricional como la situación en la que *“todas las personas tienen acceso físico, económico y social permanente a los alimentos seguros, nutritivos y en cantidad suficiente para satisfacer sus requerimientos nutricionales y preferencias alimentarias, y así poder llevar una vida activa y saludable”*. Esta definición, reforzada por la Cumbre Mundial de la Alimentación de 1996, subraya la importancia de la disponibilidad, el acceso, el uso y la estabilidad de los alimentos como pilares fundamentales de la seguridad alimentaria.

Para garantizar el acceso universal a alimentos suficientes, seguros y nutritivos, la FAO identifica cuatro pilares esenciales:

1. Disponibilidad de Alimentos; se refiere a la existencia suficiente de alimentos en cantidad y calidad adecuadas. Esto implica garantizar un suministro constante y accesible a través de la producción agrícola, el almacenamiento y el comercio, así como la eficiencia y sostenibilidad de los sistemas agrícolas.
2. Acceso a la alimentación; implica que todas las personas puedan obtener alimentos de manera física, económica y social. Factores como los ingresos familiares, los precios de los alimentos y la infraestructura de distribución son determinantes para asegurar el acceso efectivo.
3. El uso de alimentos; hace referencia a la manera en que los alimentos son consumidos y aprovechados por el cuerpo humano, considerando la calidad nutricional, la preparación y el almacenamiento, para satisfacer las necesidades dietéticas y promover la salud.
4. Estabilidad; se refiere a la capacidad de mantener el acceso a alimentos suficientes a lo largo del tiempo, considerando la influencia de desastres naturales, crisis económicas y fluctuaciones en los precios de los alimentos.

De acuerdo con el HLPE (2017), la seguridad alimentaria en el hogar implica la capacidad de garantizar la disponibilidad de alimentos para satisfacer las necesidades de todos los miembros, ya sea mediante la producción propia o la compra. Para lograr un estado nutricional adecuado, los alimentos deben distribuirse equitativamente, ser variados, inocuos y suficientes, y los miembros del hogar deben gozar de buena salud para aprovechar su valor biológico.

En Bolivia, este concepto se ha adaptado a las necesidades nacionales y está alineado con la definición de la FAO. El artículo 16 de la Constitución Política del Estado (CPE) establece que *“el Estado tiene la obligación de garantizar la seguridad alimentaria, a través de una alimentación sana, adecuada y suficiente para toda la población”*, reconociendo la alimentación como un derecho humano fundamental. El Plan de Desarrollo Económico y Social (PDES 2021-2025), junto con otros planes sectoriales y territoriales, incorpora la seguridad alimentaria como eje estratégico para incrementar la producción agrícola, asegurar el acceso a alimentos y fomentar prácticas sostenibles.

El Cuarto Informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC, 2007) concluye que la agricultura es la actividad más influenciada por las fluctuaciones climáticas en relación con la seguridad alimentaria. Se prevé que el aumento en la frecuencia

de sequías e inundaciones afectará negativamente la producción de cultivos, especialmente en los sectores de subsistencia de latitudes bajas.

Hidalgo (2013) señala que el cambio climático incide de manera directa e indirecta en la seguridad alimentaria, por lo que los sistemas de producción agrícola y ganadera deben transformarse profundamente para adaptarse al cambio climático y contribuir a la mitigación, sin comprometer la seguridad alimentaria.

En América Latina, países como Bolivia, Ecuador, El Salvador, Honduras, Nicaragua y Paraguay enfrentan desafíos significativos en seguridad alimentaria debido al cambio climático. En Bolivia, las alteraciones en temperatura y precipitación podrían provocar una reducción promedio del 20% en los ingresos rurales (FAO, CEPAL y ALADI, 2016).

2.3.1.1 Inseguridad y vulnerabilidad alimentaria en Bolivia

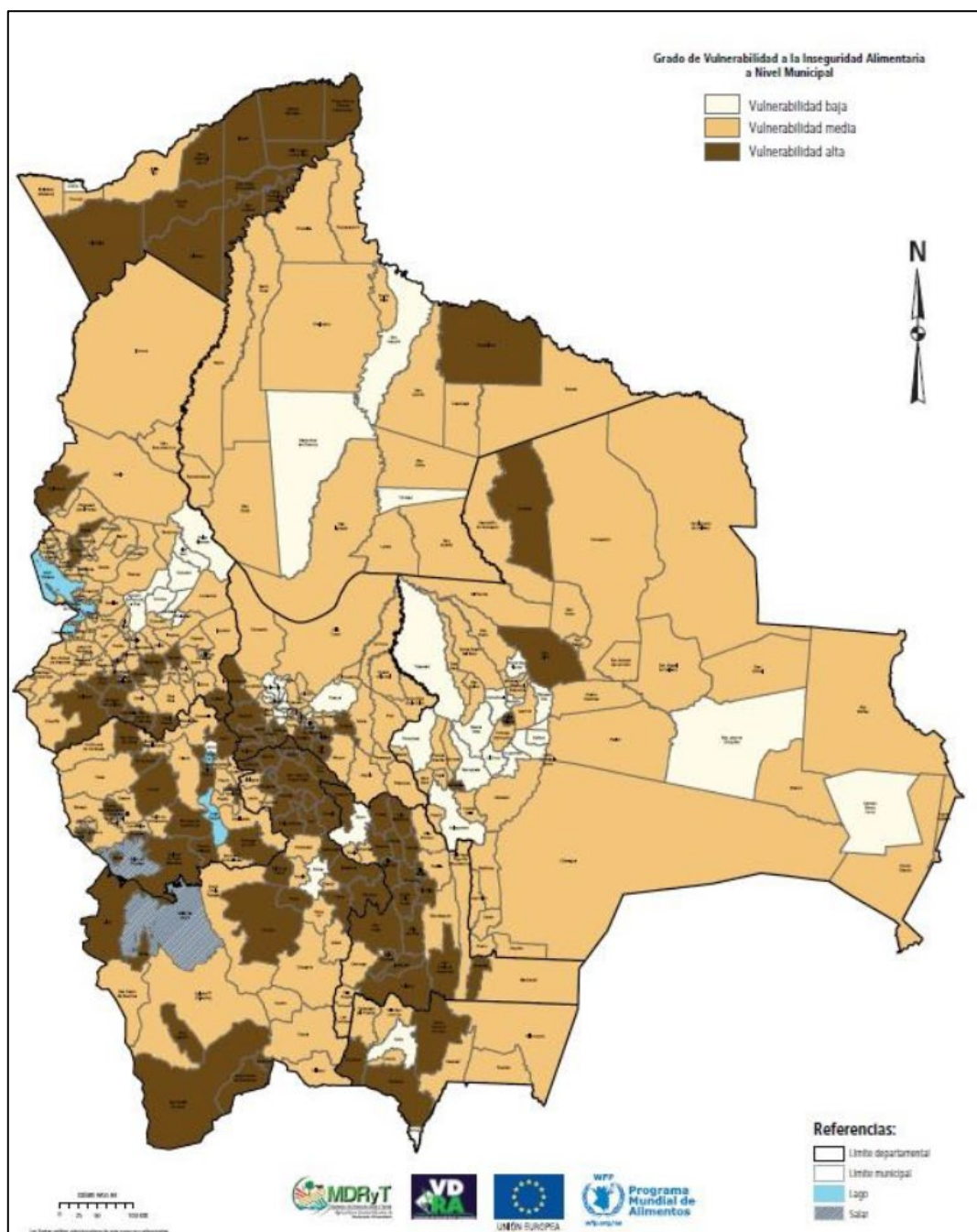
La vulnerabilidad alimentaria afecta al 53% de las aproximadamente 16.000 comunidades rurales del país, principalmente en los valles interandinos del sudoeste de Cochabamba, norte de Potosí, centro de Chuquisaca y parte del norte de Tarija. En Potosí y Chuquisaca, cerca de la mitad de la población vive en comunidades con alta vulnerabilidad alimentaria (MDRyT, 2016; FAO, 2003).

La población rural es especialmente vulnerable a la inseguridad alimentaria, situación que se agrava por fenómenos climáticos adversos como inundaciones, sequías y heladas, así como por la disminución de la productividad de los agroecosistemas. Según el Programa Mundial de Alimentos (WFP, 2024), más del 53% de los niños menores de cinco años presentan anemia y cuatro de cada diez mujeres viven en situación de pobreza, lo que evidencia una crisis nutricional en las poblaciones más vulnerables.

En el siguiente gráfico se presenta el mapa de vulnerabilidad de Bolivia, en el que se muestra varios factores que afectan la seguridad alimentaria, la salud y los ecosistemas asociados al cambio climático en nuestro país.

Gráfico 4:

Mapa de la vulnerabilidad a la inseguridad alimentaria en Bolivia VAM 2022



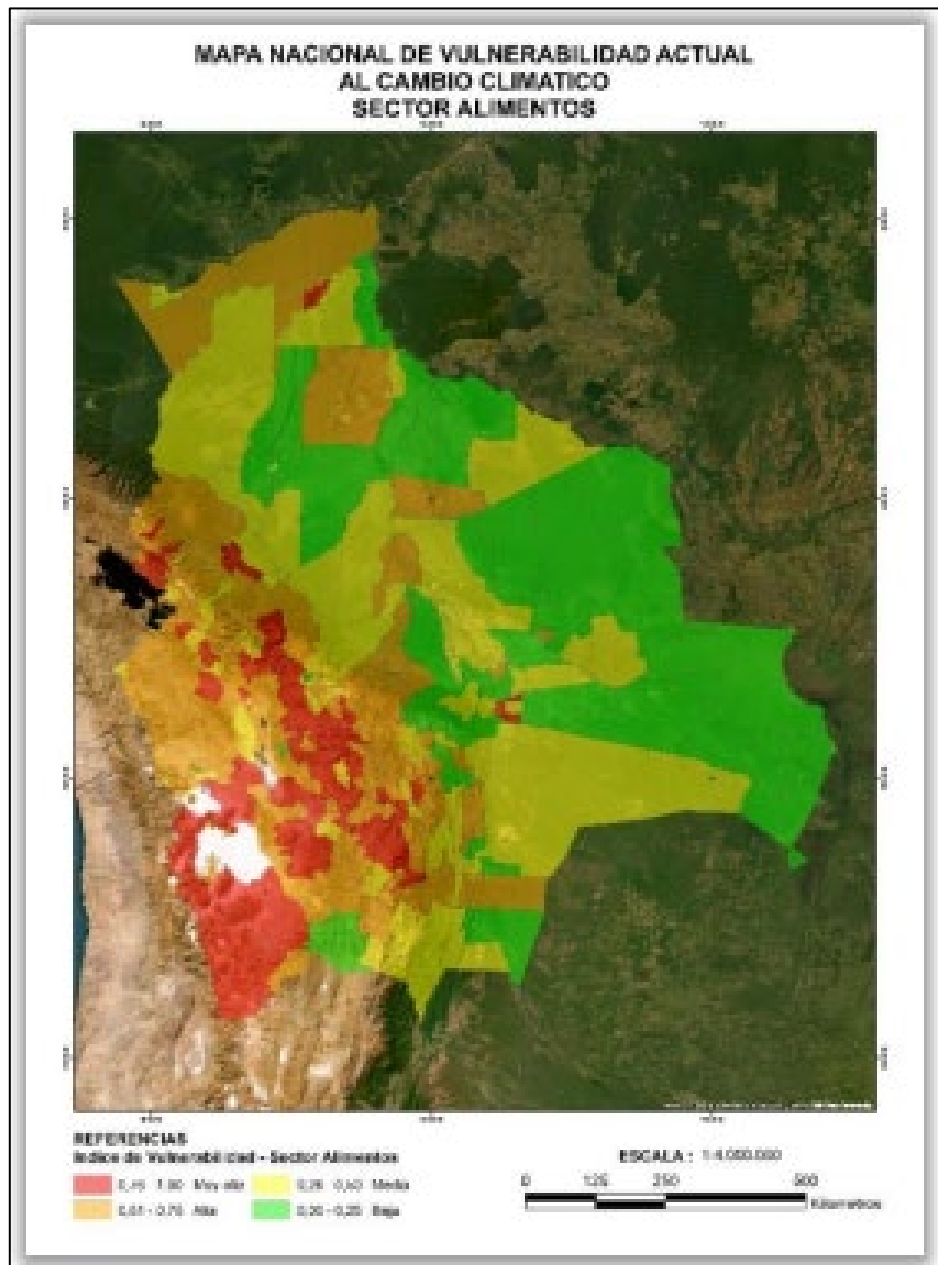
Nota: Mapa Nacional de Vulnerabilidad actual al cambio climático 2022

El estudio VAM (2012) identifica que, de los 339 municipios bolivianos, 102 presentan alta vulnerabilidad a la inseguridad alimentaria, es decir, casi un tercio del total de municipios enfrenta problemas de malnutrición. Según la APMT (2023), en su informe del Mapa Nacional de Vulnerabilidad actual al cambio climático 2022, 71 municipios (21% de 341) presentan una vulnerabilidad muy alta, concentrándose principalmente en los departamentos de La Paz,

Potosí y Oruro, donde la agricultura es familiar y la población rural tiene baja capacidad de adaptación. Los municipios de Tarija, en cambio, presentan una vulnerabilidad intermedia.

Gráfico 5:

Mapa de la vulnerabilidad sector alimentos por departamento en Bolivia APMT 2022



Nota: Mapa Nacional de Vulnerabilidad actual al cambio climático 2022

Tabla 1:
Vulnerabilidad sector alimentos por departamento

Categoría vulnerabilidad	N° total municipios	%	Chuquisaca	La Paz	Cochabamba	Oruro	Potosí	Tarija	Santa Cruz	Beni	Pando
0,76 - 1,00 Muy alta vulnerabilidad	71	21	5	26	8	6	24	0	1	0	1
0,51 - 0,75 Alta vulnerabilidad	146	43	18	48	24	25	11	1	6	3	10
0,26 - 0,50 Mediana vulnerabilidad	78	23	6	13	13	3	4	9	19	7	4
0,00 - 0,25 Baja vulnerabilidad	46	13	0	0	3	1	2	1	30	9	0

Nota: Mapa Nacional de Vulnerabilidad actual al cambio climático 2022

2.3.2 El calentamiento global

El calentamiento global se define como el aumento sostenido de la temperatura media de la atmósfera terrestre y de los océanos, causado principalmente por el incremento de los gases de efecto invernadero (GEI)³ debido a actividades humanas. Este fenómeno se expresa como el aumento estimado de la temperatura media global en superficie durante un período de 30 años, en comparación con los niveles preindustriales (IPCC, 2018).

Caballero y Lozano (2008) y Galindo (2015) explican que, aunque existen procesos naturales que influyen en el incremento del CO₂ atmosférico, las actividades humanas como la deforestación y la quema de combustibles fósiles han intensificado el efecto invernadero y,

³ Los gases de efecto invernadero (GEI) son componentes gaseosos de la atmósfera, tanto de origen natural como antropogénico, que presentan la capacidad de absorber y emitir radiación infrarroja en determinadas longitudes de onda. Esta propiedad provoca el fenómeno conocido como efecto invernadero, mediante el cual parte de la energía solar retenida por la superficie terrestre es devuelta a la atmósfera en forma de calor, manteniendo las temperaturas globales en niveles adecuados para la vida (IPCC, 2001).

Los principales gases de efecto invernadero incluyen el vapor de agua (H₂O), dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), ozono (O₃) y gases sintéticos como los hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆). El incremento de sus concentraciones debido a actividades humanas ha intensificado el efecto invernadero, contribuyendo al calentamiento global y al cambio climático. (IPCC, 2001).

Entre los autores y científicos fundamentales en el estudio de los GEI se encuentran Joseph Fourier, quien describió el mecanismo de retención de calor por la atmósfera; Eunice Newton Foote, pionera en demostrar experimentalmente el efecto del CO₂ y el vapor de agua; John Tyndall, quien validó y amplió estos hallazgos; y Svante Arrhenius, quien estableció la relación entre el aumento de CO₂ y el calentamiento global.

por ende, el calentamiento global. Pardo Buendía (2007) añade que el cambio climático incrementa la frecuencia de fenómenos meteorológicos extremos, sequías, incendios, pérdida de biodiversidad y destrucción de medios de vida, afectando especialmente a los países en desarrollo.

El calentamiento global representa una amenaza grave para el planeta y la humanidad, requiriendo acciones urgentes para reducir las emisiones de GEI y adaptarse a los cambios climáticos inevitables.

2.3.3 El cambio climático

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)⁴, en su Artículo 1, define el cambio climático como una alteración del clima atribuida directa o indirectamente a la actividad humana, que modifica la composición de la atmósfera y se suma a la variabilidad natural observada durante períodos comparables.

El IPCC (2018) define el cambio climático como una variación estadísticamente significativa en el estado medio del clima o en su variabilidad, que persiste durante períodos prolongados (normalmente décadas o más). Estas variaciones pueden deberse a procesos naturales internos, cambios en el forzamiento externo o a modificaciones antropogénicas en la composición atmosférica o el uso de la tierra.

2.3.4 El cambio climático y su impacto en los recursos hídricos

Hoffmann (2018) sostiene que uno de los impactos más significativos del calentamiento global es sobre el ciclo hidrológico, manifestándose en el derretimiento de glaciares, cambios en los regímenes de precipitación, mayor evapotranspiración y, en consecuencia, escasez de agua potable, pérdida de bofedales, lluvias más intensas y alteraciones en la estacionalidad de las precipitaciones. Todo ello incrementa la frecuencia y gravedad de catástrofes como inundaciones y sequías.

En Bolivia, la disponibilidad de recursos hídricos está afectada tanto por fenómenos climáticos como El Niño y La Niña, como por la gestión inadecuada del recurso. Se estima

⁴ La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), conocida internacionalmente como UNFCCC por sus siglas en inglés (United Nations Framework Convention on Climate Change), es un tratado ambiental internacional adoptado en 1992 durante la Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro y que entró en vigor el 21 de marzo de 1994. Su objetivo principal es estabilizar las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático, permitiendo la adaptación natural de los ecosistemas y asegurando que la producción de alimentos y el desarrollo económico no se vean amenazados. (Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Convención_Marco_de_las_Naciones_Unidas_sobre_el_Cambio_Climático)

que la demanda total de agua potable y riego podría incrementarse 12 veces hacia finales de siglo, mientras que la oferta hídrica se reduciría en más del 30% (Vuille, 2013).

2.3.4.1 Cambios en los sistemas hídricos superficiales y subterráneos.

Bates et al. (2008) reportan que numerosos estudios han identificado vínculos significativos entre las tendencias de caudales fluviales y las variaciones de temperatura y precipitación, aunque no existe una tendencia homogénea a nivel mundial. Gedney et al. (2006), citados por Bates (2008), aportan evidencia de que el aumento de CO₂ puede incrementar la escorrentía debido a sus efectos fisiológicos sobre las plantas. Además, Bates et al. (2008) señalan que los niveles subterráneos de muchos acuíferos han disminuido en las últimas décadas, principalmente por el bombeo excesivo, más que por cambios climáticos directos.

2.3.4.2 Erosión y sedimentación

La erosión es un proceso natural de desgaste y transporte de materiales geológicos, que contribuye a la formación del relieve y evolución de los suelos. Sin embargo, la acción humana, a través de prácticas agrícolas inadecuadas y sobreexplotación de la tierra, ha acelerado este proceso, convirtiéndolo en un factor de degradación ambiental (Camargo et al., 2017). La sedimentación, por su parte, es la deposición de materiales erosionados, ya sea por precipitación química o decantación física. Camargo et al. destacan que la erosión hídrica ha aumentado en muchas regiones debido a cambios en el uso del suelo, aunque no existe evidencia concluyente sobre la influencia directa del clima en la erosión y el transporte de sedimentos a lo largo del tiempo.

2.3.4.3 Crecidas

Las crecidas fluviales y las inundaciones están influenciadas tanto por factores climáticos como no climáticos, incluyendo la intensidad y tipo de precipitación, el estado de los ríos y la intervención humana en las llanuras inundables. La falta de planes de respuesta adecuados incrementa el riesgo de daños asociados a estos eventos (UNESCO, 2010).

2.3.4.4 Sequías

La sequía es una anomalía transitoria caracterizada por la escasez temporal de agua en relación con el suministro normal en un periodo determinado (Fundación AQUAE, 2014). Sus causas pueden ser tanto naturales como antropogénicas, siendo la principal la escasez de precipitaciones (IPCC, 2018). Las sequías afectan negativamente la producción agropecuaria, provocando pérdida de cultivos, bajos rendimientos, estrés hídrico en plantas y animales, aumento de plagas y enfermedades, escasez de forraje y erosión del suelo.

2.3.5 El ciclo del agua

El agua es un elemento esencial de los ecosistemas, indispensable para los procesos biológicos que sostienen la vida en el planeta (WWAP, 2019). El ciclo hidrológico describe la circulación del agua en la naturaleza, desde la evaporación en océanos y superficies terrestres, hasta la condensación y precipitación, reiniciando así el ciclo. Estos procesos, interconectados entre sí, tienen un impacto directo en la disponibilidad del recurso hídrico y en el funcionamiento de los ecosistemas terrestres y acuáticos.

Los principales procesos implicados en el ciclo del agua son los siguientes:

2.3.5.1 Precipitación

La precipitación es el proceso mediante el cual el agua atmosférica cae sobre la superficie terrestre, ya sea en forma líquida (lluvia, llovizna) o sólida (nieve, granizo), e incluye también las llamadas precipitaciones ocultas, como el rocío y la escarcha. Este fenómeno se origina por cambios en la temperatura o la presión atmosférica y constituye la principal entrada de agua al sistema hidrológico continental (Foro Peruano para el agua, 2011).

2.3.5.2 Evaporación

La evaporación consiste en el paso del agua del estado líquido al gaseoso, impulsado principalmente por la radiación solar y condicionado por factores como la velocidad del viento, la temperatura y la humedad relativa. Este proceso ocurre tanto en cuerpos de agua como en el suelo, contribuyendo significativamente al ciclo hidrológico (Foro Peruano para el Agua, 2011).

2.3.5.3 Evapotranspiración

La evapotranspiración (ET) representa la pérdida combinada de agua del suelo por evaporación y de la vegetación por transpiración. Es un parámetro clave para determinar los requerimientos hídricos de los cultivos y diseñar sistemas de riego eficientes (Sánchez San Román, 2001). Entre los factores que influyen en la evapotranspiración destacan:

- Climáticos: radiación solar, temperatura, humedad y velocidad del viento.
- Del suelo: textura, estructura y contenido de humedad.
- De la planta: tipo de cultivo, etapa de desarrollo y cobertura foliar.

2.3.5.4 Condensación

La condensación es el proceso mediante el cual el vapor de agua atmosférico cambia de estado gaseoso a líquido, generalmente al enfriarse. Este fenómeno da origen a la

formación de nubes y libera energía térmica latente al entorno (Foro Peruano para el Agua, 2011).

2.3.5.5 Escorrentía

La escorrentía se refiere al desplazamiento del agua sobre o bajo la superficie del terreno, desde las zonas altas de la cuenca hacia los cursos de agua (Foro Peruano para el Agua, 2011). Se distingue entre:

- Escorrentía superficial: agua que fluye sobre el terreno, formando corrientes superficiales.
- Escorrentía subsuperficial: agua que se infiltra y circula en paralelo a la superficie del suelo, emergiendo posteriormente en manantiales y bofedales.

2.3.5.6 Infiltración

La infiltración es el proceso por el cual el agua penetra en el suelo a través de sus poros, pasando a formar parte del flujo subsuperficial o subterráneo. La proporción de agua que se infiltra frente a la que circula superficialmente depende de factores como la permeabilidad del suelo y las rocas, la pendiente y la cobertura vegetal (Úbeda Rivera y Delgado Dallatorre, 2018).

2.3.6 La cuenca hidrográfica

Según Ramakrishna (1997), la cuenca hidrográfica constituye una unidad fisiográfica delimitada por el relieve y conformada por el conjunto de sistemas de cursos de agua que convergen hacia un colector principal. Los límites naturales de la cuenca, denominados “*divisoria de aguas*”, corresponden a las partes más elevadas del terreno y determinan el área desde la cual todas las precipitaciones drenan hacia un mismo punto de salida.

La cuenca hidrográfica se estructura en tres grandes zonas: alta, media y baja. La cuenca alta corresponde a las áreas montañosas o cabeceras, donde predominan pendientes pronunciadas y una mayor capacidad de generación de escorrentía. La cuenca media es la zona de confluencia de los cursos de agua provenientes de las partes altas, en la que el río principal mantiene un cauce bien definido. Finalmente, la cuenca baja corresponde al sector donde el río desemboca en un cuerpo de agua mayor, como otro río, un lago, un humedal o el mar.

2.3.6.1 Tipos de cuenca hidrográfica

Araque Arellano et al. (2019) señalan que las cuencas hidrográficas pueden clasificarse según su comportamiento hidrológico. Una cuenca se considera “*abierta*” o “*exorreica*” cuando posee una o más salidas de agua hacia un caudal mayor, un lago o el

mar. Por el contrario, una cuenca “*cerrada*” o “*endorreica*” carece de salida superficial de agua y, por lo general, da origen a un lago si la impermeabilidad del suelo lo permite.

Además, existen las cuencas denominadas “*criptorreicas*”, en las cuales el agua fluye de manera subterránea debido a la alta permeabilidad del suelo, generalmente por la presencia de calizas, lo que favorece la rápida infiltración de la lluvia y la formación de corrientes subterráneas. Por último, las cuencas “*arreicas*” son aquellas en las que el agua se evapora o se infiltra en el terreno antes de formar una red de drenaje superficial, razón por la cual los arroyos y riachuelos de este tipo no desembocan en ningún río o cuerpo de agua de importancia.

2.3.6.2 Comportamiento del agua en la cuenca

En la cuenca hidrográfica, el agua proveniente de las precipitaciones se distribuye de distintas maneras. Una parte se escurre superficialmente, otra es utilizada por los seres vivos para sus procesos biológicos, otra se infiltra en el suelo y forma parte de las aguas subterráneas, y otra se evapora directamente (Rendón Díaz Mirón e Hidalgo Toledo, 2003). La proporción de agua que se infiltra y la que discurre superficialmente depende de factores como la estructura y la pendiente del suelo, así como de la cobertura vegetal. La presencia de una cobertura vegetal estratificada incrementa la capacidad del suelo para captar, retener y regular el agua procedente de las precipitaciones, mejorando la infiltración y reduciendo la escorrentía superficial (Rendón Díaz Mirón e Hidalgo Toledo, 2003).

2.3.7 Siembra y cosecha de agua

Los términos “siembra y cosecha de agua” y “crianza de agua” han sido acuñados para referirse a prácticas de gestión hídrica que, aunque poseen matices culturales propios de la región andina, en esencia guardan estrecha relación con el concepto internacional de water harvesting (PROAGRO - GTZ, 2011). Estas expresiones reflejan una perspectiva comunitaria y ancestral sobre el manejo del agua, pero su objetivo fundamental coincide con el de las técnicas de recolección y almacenamiento de agua de lluvia reconocidas a nivel global.

La implementación de la siembra y cosecha de agua constituye una alternativa viable para el manejo sostenible de los recursos naturales, permitiendo potenciar la capacidad de los actores locales mediante el intercambio de saberes y la participación social activa. Esta estrategia se fundamenta en pilares sólidos orientados a reducir los impactos negativos de la sequía sobre la agricultura, fortaleciendo la resiliencia de los sistemas productivos y mejorando la seguridad hídrica de las comunidades (PROAGRO - GTZ, 2011).

Según Santa Cruz et al. (2008), la cosecha de agua no es un concepto novedoso; por el contrario, ha sido aplicada durante miles de años en diversas regiones del mundo mediante una amplia variedad de técnicas. Todas estas prácticas comparten el objetivo de incrementar la interceptación, retención, almacenamiento (superficial, subsuperficial o subterráneo) y regulación de las aguas de lluvia en un territorio determinado, con el fin de crear reservas hídricas locales y regularizar los flujos de agua (Santa Cruz et al., 2008; Hendriks, 2019). En el ámbito técnico-académico internacional, estas técnicas son conocidas como water harvesting (cosecha de agua) o rainwater harvesting (cosecha de agua de lluvia) (Hendriks, 2019).

La cosecha de agua de lluvia surgió históricamente como una herramienta para el uso sostenible de los recursos hídricos; sin embargo, su implementación fue relegada con la introducción de sistemas de riego modernos. No obstante, su potencial para mejorar la disponibilidad y regularización estacional del agua sigue vigente, beneficiando el uso social, productivo y ambiental del recurso, como el mejoramiento de bofedales y otros ecosistemas hídricos (SEMTA y FONAMA, 2000).

Es importante distinguir la cosecha de agua del manejo integral de cuencas, aunque puede formar parte de este último. Generalmente, la cosecha de agua permite mejorar las condiciones hídricas a nivel local (microcuencas), lo que la convierte en una medida especialmente relevante para la agricultura familiar, tanto a nivel individual como comunitario (SEMTA y FONAMA, 2000).

De acuerdo con la experiencia de PROAGRO - GTZ (2011), la construcción de un atajado de aproximadamente 1.300 m³ de capacidad permite regar 13.000 m² en dos oportunidades durante la siembra de verano (noviembre a abril) o 2.000 m² en seis oportunidades durante la siembra de invierno (junio a octubre) o febrero a mayo, tal como se ha demostrado en estudios realizados en Aiquile, departamento de Cochabamba.

Las familias que disponen de un atajado reducen significativamente el riesgo de pérdida total o parcial de sus cosechas y pueden diversificar e intensificar la producción agrícola. Además, esta infraestructura permite la producción de forraje para el ganado, disminuyendo la presión sobre los pastos naturales y aumentando la productividad ganadera, sin considerar los beneficios adicionales para el uso doméstico (PROAGRO - GTZ, 2011).

Un efecto adicional de los atajados es la creación de un microclima local más húmedo y favorable para la vida silvestre. En muchos casos, esto incentiva a los productores a dedicarse con mayor intensidad a las labores agropecuarias y contribuye a reducir la migración permanente (PROAGRO - GTZ, 2011).

2.3.8 Tecnologías de siembra y cosecha de agua

En Bolivia, la implementación de tecnologías tradicionales y modernas para la siembra y cosecha de agua constituye una estrategia fundamental para la adaptación a los efectos del cambio climático y la mejora de la seguridad alimentaria. De acuerdo con SEMTA y FONAMA (2000), estas medidas buscan principalmente incrementar la disponibilidad superficial de agua, captando tanto el agua proveniente de las precipitaciones (lluvia, granizo, nieve) como de fuentes permanentes, con el objetivo de fortalecer la recarga hídrica de acuíferos y asegurar el acceso al recurso en épocas críticas.

Existen diversas técnicas orientadas a mejorar la recarga de acuíferos y el rendimiento de los puntos de afloramiento de agua. A continuación, se describen las principales categorías y ejemplos de estas tecnologías:

2.3.8.1 Prácticas mecánico-estructurales

Entre las principales tecnologías mecánico-estructurales destacan las acequias o zanjales de infiltración, las terrazas de formación lenta y los diques para el control de cárcavas. Estas estructuras permiten interceptar, conducir y filtrar el agua de lluvia hacia el subsuelo, favoreciendo la recarga de acuíferos y la reducción de la erosión (SEMTA y FONAMA, 2000).

2.3.8.2 Prácticas vegetativas

Las prácticas vegetativas incluyen la reforestación con especies de bajo consumo hídrico, el manejo y conservación de pastos naturales, la clausura de praderas, la implementación de sistemas agroforestales y silvopastoriles, así como la asociación de cultivos. Estas acciones contribuyen a mejorar la cobertura vegetal, incrementar la infiltración y reducir la escorrentía superficial, además de favorecer la biodiversidad y la salud del suelo (SEMTA y FONAMA, 2000).

2.3.8.3 Prácticas agronómicas

Entre las prácticas agronómicas más relevantes se encuentran la siembra en surcos en contorno y el manejo de abonos orgánicos. Estas técnicas ayudan a conservar la humedad del suelo, mejorar su fertilidad y reducir la erosión, lo que favorece la productividad agrícola y la sostenibilidad de los sistemas productivos (SEMTA y FONAMA, 2000).

2.3.8.4 Embalses artificiales de diferente tamaño

Los embalses artificiales pueden ser grandes, medianos o pequeños, y se construyen aprovechando depresiones naturales (hoyadas) que se mejoran con diques de piedra para almacenar agua y facilitar su infiltración. Entre las estructuras más destacadas se encuentran las represas y los atajados.

- Represas: Se construyen en zonas altas y pueden almacenar entre 80.000 y 100.000 m³ de agua proveniente de lluvia y escorrentía, abasteciendo a 30-50 familias en zonas bajas.
- Atajados: Son pequeñas represas diseñadas para captar agua de lluvia, permitiendo el riego complementario y la diversificación productiva en pequeñas parcelas.
- Tanques de ferrocemento: Son reservorios construidos en puntos de afloramiento de agua (manantiales), donde se protege la zona con vegetación y se canaliza el agua hacia el tanque para abastecer a varias familias.
- Quchas o lagunas artificiales: Son depresiones naturales adaptadas para almacenar agua de escorrentía, utilizando diques construidos con piedras, arcillas y cenizas para contener el agua y favorecer su infiltración (SEMTA y FONAMA, 2000).

Estas tecnologías, implementadas de manera integral y adaptada a las condiciones locales, contribuyen significativamente a la resiliencia hídrica, la seguridad alimentaria y la sostenibilidad de los sistemas productivos en Bolivia.

2.3.9 Técnicas de cosecha de agua

La cosecha de agua constituye una estrategia fundamental para la gestión sostenible de los recursos hídricos, permitiendo recolectar y aprovechar las aguas de lluvia que escurren superficialmente durante episodios de precipitaciones torrenciales, así como almacenar estas reservas para su uso en períodos de escasez (PROAGRO - GTZ, 2011; Morales y Orlandini, 2002). De acuerdo con Hendriks (2019), la implementación de estas técnicas es esencial para la adaptación al cambio climático, la mejora de la resiliencia hídrica y la seguridad alimentaria, especialmente en regiones con alta variabilidad climática y riesgo de sequía.

Para cosechar agua se requieren técnicas relativamente sencillas, pero de gran impacto en la gestión de los recursos naturales, la agricultura y el consumo humano. Estas prácticas han sido perfeccionadas a lo largo de generaciones y adaptadas a diversos contextos ecológicos, culturales y socioeconómicos (SEMTA y FONAMA, 2000). A continuación, se presentan y detallan las principales técnicas de cosecha de agua:

2.3.9.1 Microcaptación

La microcaptación consiste en captar la escorrentía superficial generada dentro del propio terreno de cultivo, mediante la construcción de pequeñas estructuras (como surcos, zanjales o diques de infiltración) que permiten conducir e infiltrar el agua hacia el suelo, favoreciendo su aprovechamiento directo por los cultivos. Esta técnica es especialmente útil

en sistemas agrícolas familiares y de pequeña escala, ya que incrementa la disponibilidad hídrica en el lugar donde se requiere (PROAGRO - GTZ, 2011; SEMTA y FONAMA, 2000).

2.3.9.2 *Macrocaptación*

La macrocaptación es una técnica similar a la microcaptación, pero aplicada en áreas más extensas, generalmente en regiones semiáridas o áridas con escasa cobertura vegetal. Su objetivo es concentrar grandes volúmenes de escorrentía superficial y conducirlos hacia zonas de cultivo, aumentando así la disponibilidad de agua para la producción agrícola (PROAGRO - GTZ, 2011; SEMTA y FONAMA, 2000). Esta práctica es fundamental para la agricultura en zonas donde las precipitaciones son irregulares y la escasez de agua es frecuente.

2.3.9.3 *Derivación de manantiales y cursos de agua mediante bocatomas*

La derivación de manantiales y cursos de agua mediante bocatomas es una técnica clave para contrarrestar el déficit hídrico en zonas específicas. Las bocatomas permiten captar y conducir el agua desde fuentes naturales hacia áreas de cultivo o abrevaderos, e incluso para consumo doméstico, dependiendo de la calidad del agua y la severidad de la escasez (PROAGRO - GTZ, 2011; SEMTA y FONAMA, 2000). Esta técnica es especialmente relevante en regiones montañosas y en comunidades rurales que dependen de fuentes de agua superficiales.

2.3.9.4 *Cosecha de agua de techos de vivienda y otras estructuras impermeables*

La captación de agua de lluvia en techos de viviendas y otras estructuras impermeables es una de las modalidades más conocidas y difundidas de cosecha de agua. Consiste en recolectar la escorrentía generada en techos y canalizarla hacia tanques o cisternas para su almacenamiento y uso posterior. El agua captada mediante esta técnica suele ser de buena calidad y es especialmente adecuada para consumo doméstico, siempre que se implementen sistemas de tratamiento y filtrado adecuados (Hendriks, 2019; SEMTA y FONAMA, 2000).

2.3.9.5 *Captación de aguas subterráneas y freáticas*

En muchas regiones con déficit hídrico, el aprovechamiento de aguas subterráneas y freáticas es una alternativa viable para diferentes usos, dependiendo de la calidad, disponibilidad y modalidad de extracción. La construcción de pozos, aljibes o galerías filtrantes permite acceder a estos recursos y utilizarlos para riego, abrevadero o consumo humano, contribuyendo a la seguridad hídrica de las comunidades (Mongil et al., 2007).

2.3.9.6 Captación de agua atmosférica

En condiciones climáticas y orográficas específicas, es posible captar y aprovechar la humedad atmosférica que se desplaza cerca de la superficie en forma de niebla. Esta técnica, conocida como “atrapanieblas” o “captación de niebla”, consiste en la instalación de mallas o redes que interceptan las gotas de agua presentes en la niebla, permitiendo su recolección y almacenamiento para uso agrícola o doméstico (Mongil et al., 2007). Esta práctica es especialmente relevante en zonas costeras o montañosas donde la niebla es frecuente y las precipitaciones son escasas.

2.4 Marco Jurídico

2.4.1 Seguridad Alimentaria

El marco jurídico boliviano para la seguridad alimentaria es amplio y multifacético, integrando normas constitucionales, leyes sectoriales y políticas públicas que abordan la producción, el acceso, el uso adecuado y la inocuidad de los alimentos, así como la promoción de hábitos saludables y la articulación de saberes locales y ancestrales.

El marco jurídico boliviano en materia de seguridad alimentaria se fundamenta en la Constitución Política del Estado (CPE), la cual, en su artículo 16, reconoce el derecho a la alimentación y al agua, y establece la obligación del Estado de garantizar a toda la población una alimentación sana, adecuada y suficiente, promoviendo la seguridad y soberanía alimentaria.

Entre las principales leyes que estructuran este marco jurídico destacan:

El Art. 16 de la **Constitución Política del Estado-CPE**, indica que, el Estado tiene la obligación de garantizar la seguridad alimentaria, a través de una alimentación sana, adecuada y suficiente para toda la población.

- I. Toda persona tiene derecho al agua y a la alimentación.
- II. El Estado tiene la obligación de garantizar la seguridad alimentaria, a través de una alimentación sana, adecuada y suficiente para toda la población.

El numeral 1 del Artículo 407 de la CPE, señala que son objetivos de la política de desarrollo rural integral del Estado, en coordinación con las entidades territoriales autónomas y descentralizadas, entre otros, garantizar la soberanía y seguridad alimentaria, priorizando la producción y el consumo de alimentos de origen agropecuario producidos en el territorio boliviano.

En cuanto al Desarrollo Rural Integral Sustentable la CPE indica en el Art. 407. Son objetivos de la política de desarrollo rural integral del Estado, en coordinación con las entidades territoriales autónomas y descentralizadas:

1. Garantizar la soberanía y seguridad alimentaria, priorizando la producción y el consumo de alimentos de origen agropecuario producidos en el territorio boliviano.
2. Establecer mecanismos de protección a la producción agropecuaria boliviana.
3. Promover la producción y comercialización de productos agro ecológicos.
4. Proteger la producción agropecuaria y agroindustrial ante desastres naturales e inclemencias climáticas, geológicas y siniestras. La ley preverá la creación del seguro agrario.
11. Controlar la salida y entrada al país de recursos biológicos y genéticos.
12. Establecer políticas y programas para garantizar la sanidad agropecuaria y la inocuidad alimentaria.

Ley N° 144 de 26 de julio de 2011, Revolución Productiva Comunitaria Agropecuaria, Promueve la soberanía alimentaria mediante el desarrollo de la producción agropecuaria en condiciones de inocuidad y calidad, dentro del marco de la economía plural y el Vivir Bien. <https://plataformacelac.org/es/ley/7>.

Ley N° 337 de Apoyo a la Producción de Alimentos y Restitución de Bosques, incentiva la producción de alimentos y la restitución de áreas boscosas afectadas, con el objetivo de garantizar el derecho a la soberanía y seguridad alimentaria

Ley N° 338 de 26 de enero de 2013 de Organizaciones económicas campesinas, indígena originarias – OECA’s y de organizaciones económicas comunitarias que tiene el objetivo de contribuir al logro de la soberanía y seguridad alimentaria, a través de la agricultura familiar sustentable, como parte del proceso de la Revolución Productiva Comunitaria Agropecuaria y el Desarrollo Integral de la economía plural, en armonía con la Madre Tierra; siendo el derecho a la alimentación un derecho humano. <https://plataformacelac.org/es/ley/8>.

Ley 1333 Ley de Medio Ambiente. Proteger y conservar el medio ambiente y los recursos naturales, mediante la regulación de las actividades humanas en relación con la naturaleza y la promoción del desarrollo sostenible para el mejoramiento de la calidad de vida de la población.

Ley N° 071 de Derechos de la Madre Tierra, reconoce los derechos de la Madre Tierra, así como las obligaciones y deberes del Estado Plurinacional y de la sociedad para garantizar el respeto de estos derechos.

Ley N° 300, Ley Marco de la Madre Tierra y Desarrollo Integral para Vivir Bien, establece la visión y los fundamentos del desarrollo integral en armonía y equilibrio con la Madre Tierra para Vivir Bien, garantizando la continuidad de la capacidad de regeneración de los componentes y sistemas de vida de la Madre Tierra, recuperando y fortaleciendo los saberes locales y conocimientos ancestrales, en el marco de la complementariedad de derechos, obligaciones y deberes.

Ley N° 031, Ley Marco de Autonomías y Descentralización, establece las responsabilidades de los niveles gubernamentales en cuanto a la seguridad alimentaria. Se establece que tanto el gobierno central como los gobiernos autónomos departamentales y municipales deben trabajar juntos para garantizar la seguridad alimentaria.

Ley N° 775 de Promoción de Alimentos Saludables, cuyo objetivo es fomentar hábitos alimentarios saludables entre la población. Busca apoyar el derecho de todos a una alimentación saludable y prevenir enfermedades crónicas relacionadas con la dieta. Incluye normas para la publicidad y el etiquetado de alimentos, así como para fomentar la actividad física.

Ley N° 777, Ley del Sistema de Planificación Integral del Estado (SPIE), tiene por objeto establecer el Sistema de Planificación Integral del Estado, que conducirá el proceso de planificación del desarrollo integral del Estado Plurinacional de Bolivia, en el marco del Vivir Bien.

Ley N° 830, Ley de Sanidad Agropecuaria e Inocuidad Alimentaria, esta ley prioriza la sanidad agropecuaria y la inocuidad alimentaria en todo el país. Establece un marco normativo que busca asegurar que los productos alimenticios sean seguros para el consumo humano.

Decreto Supremo N° 2167, emitido el 30 de octubre de 2014, aprueba la Política de Alimentación y Nutrición en Bolivia. Establece lineamientos para mejorar la seguridad alimentaria y nutricional, destacando la importancia del agua y la alimentación como derechos fundamentales.

El Plan Multisectorial de Alimentación y Nutrición 2016-2020. Aunque no es una ley per se, este plan guía las políticas nacionales en materia de alimentación y nutrición, enfocándose en reducir la malnutrición y fomentar la producción alimentaria sostenible.

Estas leyes y políticas reflejan un enfoque integral hacia la seguridad alimentaria en Bolivia, abordando tanto la producción como el acceso a alimentos saludables y sostenibles.

Por otra parte, en el marco del Acuerdo de París, Bolivia ha actualizado su **Contribución Nacionalmente Determinada (NDC)** en abril de 2022 para centrarse en la adaptación y la mitigación del cambio climático. La NDC tiene 31 objetivos específicos para aumentar la capacidad adaptativa del país, enfocándose en áreas importantes como agua, energía, bosques y agricultura. Para asegurar un manejo sostenible de los recursos hídricos, el sector agua busca aumentar la capacidad adaptativa y reducir la vulnerabilidad hídrica. Se espera mejorar la gestión sostenible de los bosques con el fin de fomentar su capacidad de mitigación y adaptación. En el campo de la agricultura, se presta atención a grupos en situación de vulnerabilidad, mejorando la producción y la capacidad de resiliencia de los sistemas agropecuarios.

Adicionalmente, la Agenda Patriótica 2025 establece la soberanía alimentaria como uno de sus pilares fundamentales, fijando metas como la eliminación del hambre y la reducción de la malnutrición, así como el desarrollo agropecuario diversificado y sostenible.

2.4.2 Siembra y cosecha de agua

La cosecha de agua es una estrategia clave en Bolivia para abordar la escasez hídrica y mejorar el acceso al agua, especialmente en áreas rurales y comunidades indígenas. La implementación de políticas que promueven la cosecha de agua está alineada con los objetivos establecidos en la Constitución y las leyes relacionadas con el derecho humano al agua. Estas políticas buscan no solo garantizar el acceso al agua, sino también fomentar la sostenibilidad y la gestión eficiente de los recursos hídricos.

El artículo 20 de la CPE establece que el Estado debe garantizar el acceso al agua como un derecho humano. El artículo 373-1 enfatiza esta idea al afirmar que "el agua es un derecho fundamental para la vida" y que su manejo debe estar sujeto a la soberanía del pueblo.

Ley N° 144 - Ley de Revolución Productiva Comunitaria Agropecuaria, esta ley tiene como finalidad lograr la soberanía alimentaria mediante el uso sostenible del agua. Establece políticas para promover la producción agropecuaria en armonía con el medio ambiente, priorizando el acceso al agua para la producción de alimentos.

Ley N° 300 - Ley Marco de la Madre Tierra y Desarrollo Integral para Vivir Bien, promueve un enfoque integral para la gestión de los recursos naturales, incluyendo el agua. Reconoce la importancia del agua como un recurso estratégico y establece principios para su uso sostenible, considerando aspectos sociales, culturales y ambientales.

Ley N° 2066, Ley de Aguas, regula el uso y aprovechamiento de las aguas en Bolivia, estableciendo principios para su gestión y distribución equitativa. Reconoce que el agua es un recurso vital y estratégico, promoviendo su uso responsable para diversas actividades, incluyendo la agricultura.

Ley N° 2878 - Ley de Promoción y Apoyo al Sector Riego para la Producción Agropecuaria y Forestal, su objetivo es fomentar el riego sostenible, mejorar la producción agropecuaria y garantizar la seguridad de las inversiones en este sector. La ley también reconoce los derechos de las comunidades indígenas y campesinas sobre la gestión del agua.

Estas leyes y regulaciones reflejan un compromiso por parte del Estado boliviano para promover prácticas sostenibles en la siembra y cosecha de agua, asegurando así un acceso equitativo a este recurso vital para la producción agropecuaria.

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1 Ámbito de Estudio

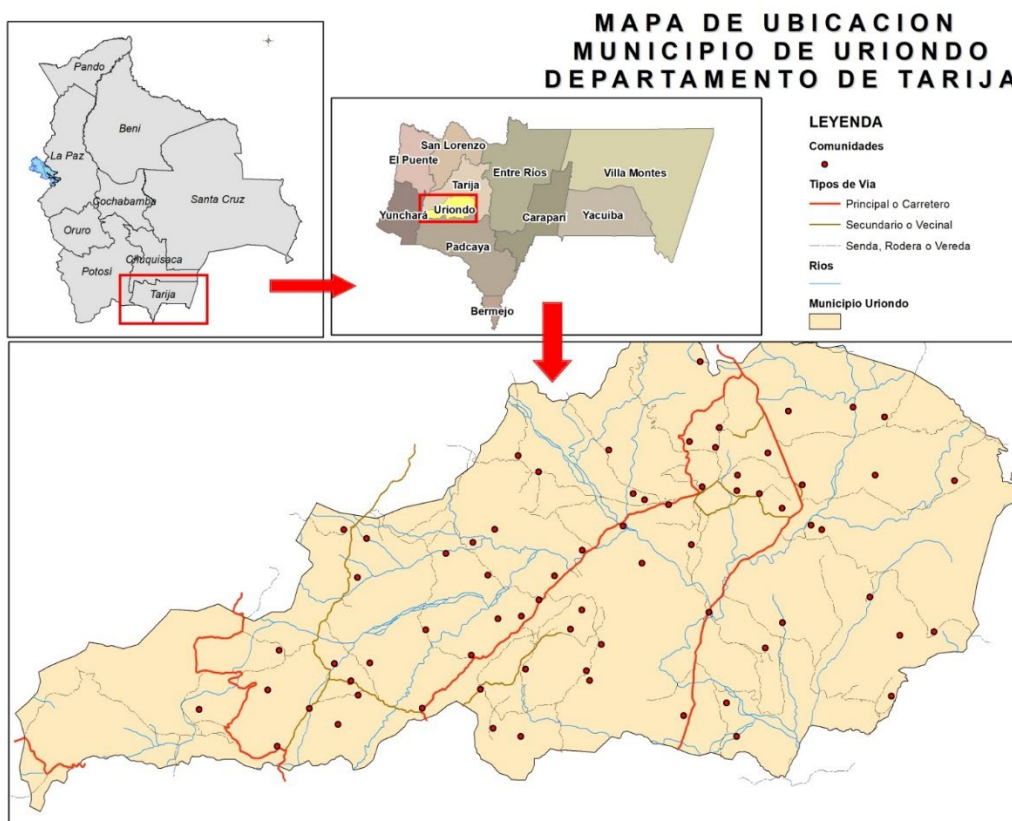
El presente trabajo de investigación, fue llevada a cabo en las comunidades campesinas de Huayco Grande y Rujero del municipio de Uriondo, Primera Sección de la Provincia José María Avilés, del Departamento de Tarija.

3.1.1 Ubicación Geográfica

Uriondo se sitúa a aproximadamente 25 kilómetros al sur de la ciudad de Tarija, a una altitud de 1,706 metros sobre el nivel del mar entre los meridianos 21° 34' - 21° 49' de latitud Sur y los paralelos 64° 31' - 64° 59' de longitud Oeste.

Gráfico 6:

Mapa de Ubicación del municipio de Uriondo



Nota: Elaboración propia en base a datos del PTDI Tarija 2021-2025 y del PTDI Uriondo 2021-2025

3.1.2 Extensión Territorial

La superficie del municipio de Uriondo es de 1.176 km², lo que equivale al 40% de la provincia de Avilés y alrededor del 3,00% del territorio departamental. Está dividido en 9 distritos y 53 comunidades, todas ellas rurales. Sin embargo, los centros poblados, como la

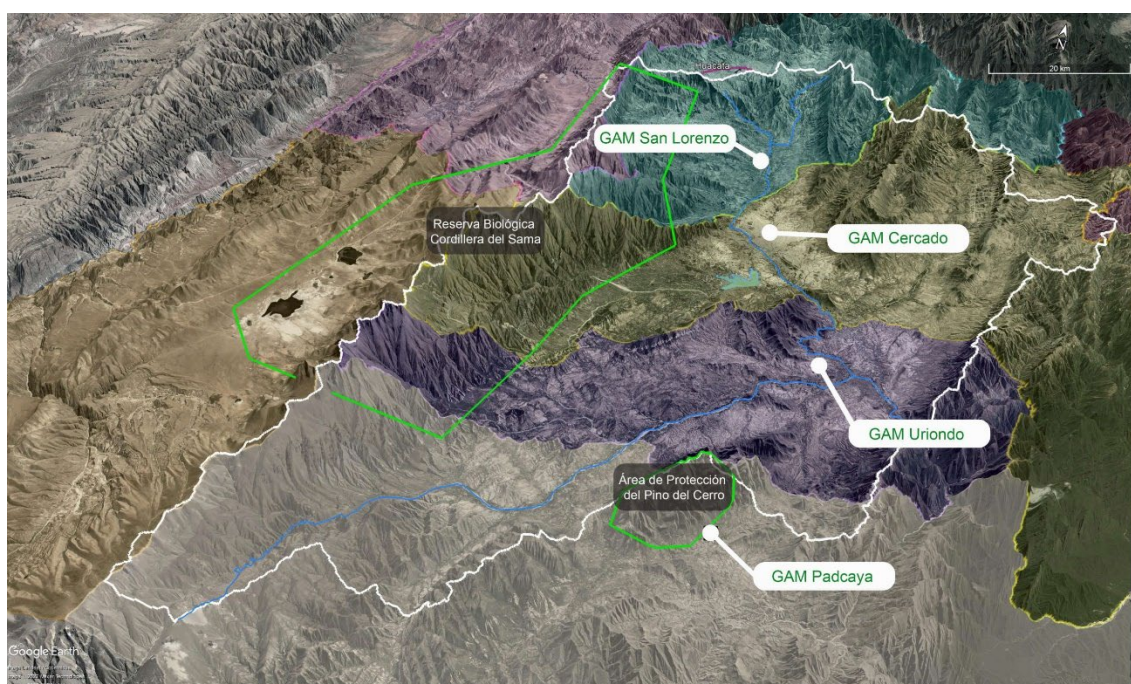
capital del municipio, Calamuchita y Muturayo, muestran señales de transición hacia la consolidación de futuros centros urbanos debido a la diversidad de sus actividades⁵.

3.1.3 Límites Geográficos

Uriondo, limita al norte con el municipio de Cercado, al sur con el municipio de Padcaya, al este con el municipio de Entre Ríos y al oeste con el municipio de Yunchará. Este municipio es uno de los cuatro municipios que constituyen la subregión del valle central, es una región formada por serranías y colinas que rodean los valles de los ríos Guadalquivir, Tolomosa, Santa Ana y Camacho.

Gráfico 7:

Muestra satelital Mapa-Cuenca-Rio-Guadalquivir



Nota: PTDI 2021-2025 Tarifa

3.2 Tipo y Diseño de Investigación

El enfoque mixto o ruta mixta de la investigación, que incluye una serie de procedimientos para recopilar, analizar y conectar datos cuantitativos y cualitativos, permite examinar en profundidad las experiencias y los efectos de las prácticas de siembra y cosecha de agua en comunidades rurales específicas.

Este enfoque mixto, constituye una estrategia metodológica robusta que permite recopilar, analizar e integrar datos cuantitativos y cualitativos, adaptándose a la complejidad del objeto de estudio y brindando una visión más integral de la realidad investigada, facilitando

⁵ Plan Territorial de Desarrollo Integral 2016 - 2020 - Gobierno Autónomo Municipal de Uriondo

así una comprensión integral y profunda de los fenómenos sociales y ambientales complejos (Arias, 2012; Hernández-Sampieri y Mendoza Torres, 2018).

Arias (2012) destaca que este enfoque se sustenta en el paradigma pragmático, el cual prioriza la utilidad y la resolución práctica de los problemas sobre las discusiones filosóficas acerca de la naturaleza del conocimiento.

El enfoque mixto, según Arias, implica:

- **Integración de datos:** Recopilación y análisis de datos tanto cualitativos (como entrevistas u observaciones) como cuantitativos (como encuestas o experimentos) de manera simultánea o secuencial.
- **Validación y triangulación:** La combinación de resultados de ambos enfoques ayuda a confirmar o refutar las conclusiones, aumentando la confiabilidad y validez de la investigación.
- **Amplia comprensión:** La investigación mixta permite abordar un problema de investigación de manera más completa, desde diferentes perspectivas y con diferentes herramientas.
- **Complementariedad:** Los enfoques cualitativos ofrecen profundidad y contexto a los datos cuantitativos, mientras que los enfoques cuantitativos brindan generalización y rigor estadístico a los resultados cualitativos.

Entre las ventajas de la investigación mixta Arias (2012) señala:

- **Enriquece la investigación:** Permite un análisis más completo y multidimensional de un fenómeno.
- **Validación cruzada:** Fortalece la confiabilidad y validez de los resultados al comparar los hallazgos de ambos enfoques.
- **Aporta profundidad y contexto:** Los datos cualitativos complementan los cuantitativos, permitiendo una mejor comprensión del fenómeno estudiado.
- **Permite generalizaciones:** Los datos cuantitativos permiten extrapolar los hallazgos a una población más amplia.

Complementariamente, Hernández-Sampieri y Mendoza Torres (2018) señalan que el enfoque mixto contempla tanto la realidad objetiva como la subjetiva. La realidad objetiva se refiere a aquella que es directamente observable y medible a través de los sentidos, tales como el tacto y la vista, y puede ser cuantificada empíricamente. En contraste, la realidad subjetiva alude a los aspectos intangibles de la experiencia humana, como los sentimientos, ideas, percepciones y significados atribuidos por los sujetos.

Estos autores enfatizan la importancia de analizar e integrar ambas dimensiones, así como de promover una discusión conjunta de los hallazgos, con el fin de realizar inferencias sólidas a partir de toda la información obtenida y lograr una comprensión más profunda del fenómeno estudiado. En el contexto de esta investigación, el enfoque mixto se orienta a la adquisición de conocimientos y evidencias que permitan abordar problemas específicos de adaptación al cambio climático en comunidades rurales, lo que confiere a este trabajo un carácter de investigación aplicada⁶.

En el contexto del estudio de las prácticas de siembra y cosecha de agua en comunidades rurales, este enfoque resulta especialmente pertinente, ya que posibilita examinar tanto las dimensiones objetivas (técnicas, resultados productivos, disponibilidad de agua) como las subjetivas (percepciones, significados, experiencias y aprendizajes comunitarios) de estas intervenciones.

En el marco de la presente investigación, se implementó una metodología de Estudio de Caso Múltiple⁷ con el propósito de analizar de forma exhaustiva y comparativa las experiencias relacionadas con la siembra y cosecha de agua en las comunidades de Huayco Grande y Rujero, pertenecientes al municipio de Uriondo, Tarija. Este enfoque metodológico, según Arias (2012), consiste en el análisis sistemático de varios casos seleccionados por su relevancia respecto al fenómeno de estudio, permitiendo explorar en profundidad situaciones complejas o singulares que requieren una comprensión contextualizada. El estudio de caso múltiple posibilita la identificación de patrones, así como la comparación de similitudes y diferencias entre los casos, lo que contribuye a una interpretación más sólida y fundamentada de la problemática abordada.

Adicionalmente, el proceso investigativo adoptó un enfoque participativo⁸, involucrando activamente a los miembros de las comunidades en todas las etapas del estudio. De acuerdo con Expósito Verdejo (2003), este enfoque implica la integración de los saberes,

⁶ La investigación aplicada es un tipo de investigación que busca resolver problemas prácticos y específicos utilizando el conocimiento científico. A diferencia de la investigación básica, que se centra en la generación de nuevo conocimiento sin un objetivo inmediato de aplicación, la investigación aplicada se orienta hacia la práctica y la implementación de soluciones en contextos reales (OCDE, 2015).

⁷ Estudio de Caso Múltiple, según Fidiás Arias (2012), es un diseño de investigación que analiza varios casos para comparar, contrastar y profundizar en el conocimiento del fenómeno, utilizando un enfoque sistemático y riguroso en la recolección y análisis de datos.

⁸ El enfoque participativo es una perspectiva metodológica que reconoce a los participantes de una investigación o intervención social como agentes activos en la construcción del conocimiento y la toma de decisiones, promoviendo su integración plena en todas las etapas del proceso. Este enfoque fomenta la colaboración, la reflexión colectiva y la acción transformadora, permitiendo que la comunidad o grupo involucrado analice su propia realidad, identifique sus necesidades y genere soluciones pertinentes (Expósito Verdejo, 2003).

percepciones y propuestas de los actores locales, quienes aportan su conocimiento experiencial y participan en la construcción colectiva del conocimiento. Así, el diseño de la investigación se caracterizó por la recolección de datos cualitativos mediante entrevistas, talleres participativos y observación directa, lo que permitió captar la riqueza de las prácticas locales y fortalecer la validez ecológica de los hallazgos.

De este modo, la combinación del estudio de caso múltiple y el enfoque participativo permitió no solo profundizar en el análisis de la realidad estudiada, sino también fomentar el empoderamiento comunitario y la co-construcción de soluciones pertinentes y sostenibles para la gestión del agua en el territorio.

3.3 Unidad de Análisis

La unidad de análisis se centró en las experiencias concretas de las familias campesinas de las comunidades de Huayco Grande y Rujero, quienes implementaron prácticas de siembra y cosecha de agua de lluvia, examinando en profundidad sus prácticas de siembra y cosecha de agua, los impactos generados y los factores que contribuyen a su sostenibilidad. Específicamente, se analizaron los siguientes aspectos:

3.3.1 Características socioeconómicas y medios de vida de las familias campesinas de las comunidades rurales de Huayco Grande y Rujero

El municipio de Uriondo se caracteriza por tener una economía basada principalmente en la agricultura, destacándose la producción de uva, que representa más del 80% de la producción total del departamento de Tarija (DAPRO, 2020); sin embargo, las comunidades de Huayco Grande y Rujero por su ubicación geográfica, tienen como principales rubros de producción a la papa, cebolla, maíz, tomate, arveja, trigo y zanahoria.

El tamaño de las propiedades agrícolas en el municipio de Uriondo, varía según la zona y el tipo de uso del suelo. Según el Plan de Uso del Suelo del Departamento de Tarija, la disponibilidad de tierras agrícolas por productor es de aproximadamente de 2.5 a 4.9 hectáreas en la Cordillera Oriental y de 2.6 a 12.7 hectáreas en el Subandino.

La producción agrícola se realiza en un contexto de bajos niveles de productividad, y la mayoría de los agricultores utilizan técnicas tradicionales para el cultivo.

La infraestructura para el riego y otros servicios básicos es considerada media, lo que afecta la productividad agrícola en la región (GAM URIONDO, 2023).

Este contexto sugiere que la agricultura en Uriondo se enfrenta a desafíos relacionados con el tamaño de las propiedades, la productividad y la infraestructura, lo que impacta en la calidad de vida de las familias rurales.

Según los datos de la Dirección General de Análisis Productivo-DAPRO, del Ministerio de Desarrollo Productivo y Economía Plural (2020), la producción agrícola total del municipio de Uriondo alcanza las 3,189 toneladas métricas, de las cuales el 29% se destina a la venta en los principales mercados de Tarija y el eje central del país.

Además de la agricultura, la ganadería también es una actividad económica importante en Uriondo, destacándose la crianza de aves de granja, con 101,783 aves, seguida por aves de corral con 28,335 unidades y ovinos con 20,390 cabezas. (DAPRO, 2020)

Estas comunidades están organizadas en torno al sindicato agrario,

3.4 Población de Estudio

La población de estudio incluye a las familias campesinas agricultoras, que implementan y practican la siembra y cosecha de agua en sus terrenos en las comunidades de Huayco Grande y Rujero, en el municipio de Uriondo.

Asimismo, se ha tomado en cuenta a líderes comunitarios, miembros de las comunidades que lideran y organizan las iniciativas de siembra y cosecha de agua.

Profesionales que proporcionan asistencia técnica y capacitación en la implementación de estas prácticas.

3.5 Tamaño de la Muestra

Dado que la investigación propuesta utilizó un enfoque de estudio de caso múltiple, el tamaño de la muestra no se determinará mediante un cálculo estadístico, sino que se seleccionará intencionalmente a los participantes clave en las comunidades de Huayco Grande y Rujero.

Cuando la selección de la muestra es intencional (también llamada muestreo intencional, dirigido o por criterio), la representatividad no se basa en la probabilidad estadística de selección aleatoria, sino en criterios técnicos y objetivos definidos por el investigador para asegurar que la muestra refleje la diversidad relevante del fenómeno estudiado (Hernández-Sampieri & Mendoza Torres, 2018).

Arias, (2012) define el muestreo intencional como un procedimiento en el que la representatividad se fundamenta en la selección deliberada de casos relevantes y diversos, guiada por criterios técnicos y juicios profesionales, con el fin de capturar la complejidad y heterogeneidad del fenómeno estudiado.

El criterio técnico que fundamenta la representatividad en este caso, es la variabilidad y heterogeneidad de las experiencias relevantes para el estudio. Es decir, la muestra es

representativa en la medida en que incluye deliberadamente casos con diferentes niveles de adopción y contextos, permitiendo capturar la amplitud y diversidad de situaciones, percepciones y prácticas presentes en la población objetivo (Arias, 2012) y (Hernández-Sampieri & Mendoza Torres, 2018).

Para el caso de la investigación, se seleccionan 20 familias por comunidad, buscando incluir distintos niveles de adopción de las tecnologías de siembra y cosecha de agua. Así, la muestra es representativa no en sentido estadístico, sino en sentido cualitativo y analítico: representa la variedad de experiencias, no su proporción exacta en la población.

Fundamentación metodológica en base a criterios definidos por Arias (2012) y Hernández Sampieri (2018):

- **Muestreo intencional:** Se seleccionan los casos que, por sus características, aportan información relevante y diversa sobre el fenómeno de interés.
- **Representatividad analítica:** El objetivo es capturar la complejidad y diversidad de las experiencias, no generalizar estadísticamente a toda la población.
- **Criterios de inclusión:** Se definen previamente (por ejemplo, nivel de adopción, ubicación, tamaño del predio, etc.) para asegurar la cobertura de diferentes perfiles.

3.5.1 Criterios de Selección de la Muestra

Con base en los antecedentes previamente descritos, éstos son los criterios definidos para la muestra:

- **Familias Campesinas:** Se seleccionó una muestra representativa de 20 familias por comunidad que implementan prácticas de siembra y cosecha de agua en sus predios. Se buscó que la muestra incluya a familias con diferentes niveles de adopción de estas tecnologías, de tal manera que nos permitió capturar la diversidad de experiencias y percepciones.
- **Líderes Comunitarios:** Se entrevistó a 5 líderes comunitarios (presidentes de organizaciones de productores, autoridades locales, etc.) que han participado en la planificación e implementación de las iniciativas de siembra y cosecha de agua.
- **Técnicos y Extensionistas:** Se incluyó a 3 técnicos y extensionistas de instituciones gubernamentales o de organizaciones no gubernamentales que hayan brindado asistencia técnica a las comunidades.

3.6 Selección de Muestra

La selección de la muestra se realizó de manera intencional, buscando la representatividad y diversidad de los actores clave involucrados en las iniciativas de siembra y cosecha de agua en las comunidades de Huayco Grande y Rujero.

El tamaño final de la muestra se determinó en función de la información obtenida durante el trabajo de campo.

3.7 Técnicas de Recolección de Datos

En un **Primer momento** (trabajo de gabinete), se realizó un análisis de la documentación e información disponible, como los proyectos y estudios previos, registros sobre las prácticas de siembra y cosecha de agua en la región, tanto de la ONG IICCA, del Gobierno Municipal de Uriondo y también de la Subgobernación de la Provincia Avilés.

En un **Segundo momento** (trabajo de campo), la metodología se basaba en la recogida de datos y para ello se aplicaron diferentes herramientas participativas cuyos aspectos básicos se detallan a continuación:

- **Entrevistas semi-estructuradas con los/as responsables**⁹. Dirigidas a los gestores de las propuestas de desarrollo como ser autoridades y técnicos de la Subgobernación de la Provincia Avilés, técnicos del GAM Uriondo y técnicos de la ONG IICCA, con el fin de obtener información relevante para el trabajo previo a la visita de campo. Estas entrevistas permitieron ahondar en aspectos que se considere relevantes para el entendimiento y valoración final de la investigación.
- **Entrevistas en profundidad con agricultores, líderes comunitarios y técnicos involucrados en las iniciativas**¹⁰. Seleccionando a los informantes clave durante todo el proceso de implementación de los sistemas de cosecha de agua, con el fin de obtener información profunda y precisa sobre las cuestiones centrales de la ejecución de los mismos.

⁹ Según Álvarez-Gayou, (2003) y Expósito Berdejo, (2003) las entrevistas semi-estructuradas son una técnica de investigación cualitativa que combina una guía o secuencia de temas y preguntas sugeridas con la flexibilidad para que el entrevistador profundice en las respuestas y explore aspectos emergentes durante la conversación. Esta modalidad permite obtener información rica y detallada, ya que no se limita a preguntas cerradas ni a un orden rígido, sino que facilita un diálogo más abierto y adaptado al contexto y al entrevistado.

¹⁰ Este tipo de entrevista se caracteriza por ser un diálogo abierto, flexible y relajado entre entrevistador y entrevistado, que facilita la comunicación y la profundización en aspectos relevantes para la investigación (Expósito Berdejo, 2003). A diferencia de entrevistas estructuradas, aquí el entrevistador utiliza una guía temática, pero puede adaptar el orden y la formulación de las preguntas según el desarrollo de la conversación y las respuestas obtenidas, permitiendo explorar nuevos temas o detalles emergentes

- **Grupos focales**¹¹. Discusiones grupales con miembros de las comunidades para comprender sus experiencias, desafíos y percepciones y abordar sus impactos, tanto los planeados como los imprevistos.
- **Observación directa**¹². Visitas a los sitios donde se implementaron las prácticas de siembra y cosecha de agua para documentar su funcionamiento. Es una técnica cualitativa fundamental que implica la presencia activa del investigador en el contexto de estudio, facilitando la obtención de datos ricos y detallados sobre comportamientos y situaciones reales.
- **Encuestas**¹³. Aplicadas a jefes del hogar (mujeres y hombres), a quienes se le plantearon preguntas con el fin de identificar y obtener opiniones sobre el tema de estudio. El instrumento estaba compuesto por doce preguntas que se medían con la escala de Likert¹⁴. Las primeras ocho preguntas estaban destinadas a determinar el impacto de las acciones del programa de cosecha de agua, determinando si su contribución había sido (muy poco, poco, regular, alto o muy alto). Las siguientes cuatro afirmaciones se utilizaron para medir el nivel de desarrollo socioeconómico local utilizando la misma escala: muy poco, poco, regular, alto y muy alto.

Para validar los instrumentos, se aplicó un método denominado: juicio de expertos¹⁵. Los expertos son profesionales que han llevado a cabo programas similares o han llevado a

¹¹ Expósito Verdejo, (2003) define los grupos focales como una técnica cualitativa de recolección de datos basada en entrevistas grupales semi-estructuradas, donde un moderador facilita la discusión sobre un tema específico. Esta técnica aprovecha la dinámica grupal para explorar actitudes, creencias y percepciones en poco tiempo. Además, permite entender no solo qué piensan los participantes, sino cómo y por qué, gracias a la interacción y el contraste de opiniones. La moderación es fundamental para guiar la sesión y fomentar la participación activa. El análisis considera tanto el contenido verbal como la comunicación no verbal y la dinámica social, lo que enriquece la comprensión de los procesos colectivos de significado.

¹² La observación directa, según Álvarez Gayou, (2003) es un método cualitativo donde el investigador está presente en el contexto que estudia, pudiendo interactuar con el fenómeno. Este método busca describir detalladamente las conductas en su contexto real. Además, sigue un proceso estructurado que incluye seleccionar el lugar y sujetos, acceder al escenario, permanecer hasta saturar la información y luego retirarse para analizar los datos. La observación participante, en particular, permite una comprensión profunda y vivencial del fenómeno estudiado.

¹³ Álvarez Gayou, (2003), define que, en la investigación cualitativa, el cuestionario suele ser abierto y flexible, funcionando como una guía para obtener información profunda sin necesidad del contacto directo o con un formato rígido. Sin embargo, cuando el cuestionario se usa para describir grandes grupos y con preguntas cerradas y estandarizadas, se denomina encuesta, propia de la investigación cuantitativa, que busca datos representativos y generalizables.

¹⁴ La escala de Likert es una herramienta de medición utilizada principalmente en encuestas para evaluar actitudes, opiniones y percepciones de los encuestados sobre un tema específico. Fue desarrollada por el psicólogo Rensis Likert en 1932.

¹⁵ El juicio de expertos es una técnica de investigación que recopila evaluaciones y recomendaciones basadas en la experiencia y conocimiento especializado de profesionales en un área específica. Se aplica individual o grupalmente, siendo útil para análisis profundos o cuando faltan datos cuantitativos. Esta técnica mejora la validez

Tabla 3:
Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N° de elementos (preguntas)
0,894	12

Nota: Elaboración propia, en base a cuestionario aplicado a los agricultores de las comunidades de Huayco Grande y Rujero

3.7.1 Técnicas de Gestión y Estadísticas para el Procesamiento de la Información

En esta investigación se empleó Microsoft Excel para el procesamiento y organización de los datos recopilados mediante cuestionarios aplicados a las familias de las comunidades de Huayco Grande y Rujero, participantes en la implementación de técnicas de siembra y cosecha de agua. Excel facilitó la creación de una base de datos estructurada que permitió un análisis descriptivo inicial de la información.

Posteriormente, se aplicaron pruebas estadísticas de correlación para evaluar las relaciones entre variables y dar respuesta a los objetivos planteados. Además, se realizó un análisis comparativo con investigaciones previas para identificar similitudes y diferencias relevantes.

Finalmente, los resultados obtenidos fueron interpretados en función de los objetivos de la investigación, lo que permitió formular conclusiones y recomendaciones orientadas a fortalecer las acciones destinadas a mejorar el desarrollo económico y social en la provincia, con énfasis en las comunidades rurales estudiadas.

3.8 Análisis e Interpretación de la Información

El análisis de la información se realizó respetando las respuestas proporcionadas por los participantes, garantizando la confidencialidad y anonimato de los datos. No se divulgó información personal, y la recolección de datos se efectuó únicamente con el consentimiento voluntario de los informantes. Asimismo, se respetaron los derechos de autor y la propiedad intelectual de las fuentes consultadas para este estudio.

Los sistemas de cosecha de agua de lluvia se han consolidado como una estrategia fundamental para que las familias agricultoras del municipio de Uriondo, en Tarija, Bolivia, puedan adaptarse a los impactos del cambio climático y promover una agricultura sostenible.

La construcción de infraestructuras como atajados, estanques y canales ha permitido a las comunidades de Huayco Grande y Rujero almacenar volúmenes significativos de agua

pluvial, asegurando un acceso más confiable al recurso hídrico durante los periodos secos, cuando la escasez de agua se intensifica debido a la variabilidad climática.

La disponibilidad incrementada de agua ha facilitado la diversificación de cultivos y la implementación de ciclos de siembra múltiples al año, lo que ha resultado en mayores rendimientos y una producción agrícola más continua, fortaleciendo la seguridad alimentaria de las familias.

El aumento en la productividad ha generado excedentes agrícolas que pueden ser comercializados, contribuyendo a mejorar los ingresos familiares y dinamizando la economía rural a través de la venta en mercados locales.

Las prácticas de cosecha de agua fortalecen la capacidad de adaptación de las comunidades frente a fenómenos climáticos adversos, como sequías y variabilidad en las precipitaciones, al optimizar la gestión del recurso hídrico y aumentar la resiliencia de las familias (FAO, 2023).

Además, estas técnicas contribuyen a la conservación de los recursos hídricos mediante el uso eficiente del agua de lluvia. Complementariamente, actividades como la reforestación apoyan la regulación del ciclo hidrológico y la mitigación del cambio climático al capturar carbono (FAO, 2018).

En síntesis, los sistemas de cosecha de agua de lluvia han sido determinantes para que las familias agricultoras de Uriondo puedan adaptarse al cambio climático, mejorar su productividad agrícola, fortalecer su economía familiar y generar beneficios ambientales. Estas prácticas resultan esenciales para el desarrollo sostenible de las comunidades rurales en un contexto de creciente escasez hídrica.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En función del objetivo general. – *Evaluar cómo la implementación de la siembra y cosecha de agua contribuye a la adaptación de la agricultura familiar frente al calentamiento global en las comunidades rurales de Huayco Grande y Rujero del municipio de Uriondo.*

Los resultados obtenidos evidencian que estas prácticas constituyen una estrategia fundamental para que las familias agricultoras puedan enfrentar los efectos del cambio climático y promover una agricultura más sostenible.

- La construcción de infraestructuras como atajados, estanques y canales de riego, junto con la adopción de tecnologías como el riego por goteo y aspersión, ha permitido almacenar volúmenes significativos de agua de lluvia, garantizando un suministro más confiable durante los períodos secos, cuando la escasez hídrica se intensifica.
- La mayor disponibilidad de agua ha facilitado la diversificación de cultivos y la realización de múltiples ciclos de siembra anuales, lo que ha incrementado los rendimientos agrícolas y mejorado la seguridad alimentaria de las familias. Además, el aumento en la producción ha generado excedentes comercializables, fortaleciendo los ingresos familiares y dinamizando la economía rural local.
- Estas prácticas contribuyen a aumentar la resiliencia de las comunidades frente a fenómenos climáticos adversos, optimizando la gestión y conservación de los recursos hídricos. Asimismo, técnicas complementarias como la reforestación apoyan la regulación del ciclo hidrológico y la mitigación del cambio climático mediante la captura de carbono.

En síntesis, la siembra y cosecha de agua se han consolidado como herramientas clave para la adaptación climática, el fortalecimiento productivo y económico, y la generación de beneficios ambientales en las comunidades rurales estudiadas, promoviendo un desarrollo sostenible en un contexto de creciente escasez hídrica.

En función del objetivo específico 1. – *Analizar el impacto de la siembra y cosecha de agua en la disponibilidad y gestión del recurso hídrico para la agricultura familiar en dichas comunidades.*

La técnica de cosecha de agua de lluvia se constituye como una estrategia eficaz y pertinente para que las familias agricultoras de Huayco Grande y Rujero, en el municipio de Uriondo, Tarija, Bolivia, optimicen la disponibilidad y gestión del recurso hídrico. Esta práctica contribuye significativamente a la adaptación frente a los efectos del cambio climático y a la garantía de la seguridad alimentaria.

Los productores agrícolas del municipio de Uriondo han demostrado que los sistemas de cosecha de agua de lluvia son una herramienta efectiva para desarrollar sus capacidades y habilidades, así como para abordar problemas de abastecimiento y disponibilidad de agua. Esta situación se refleja significativamente en sus actitudes y acciones ambientales, así como en la solución de problemas relacionados con el abastecimiento y disponibilidad de agua.

Los resultados obtenidos en relación con este objetivo específico destacan principalmente:

- **Mejora en la Disponibilidad de Agua para Riego**

La construcción de infraestructuras como atajados, estanques y canales permite la captación y almacenamiento eficiente de agua de lluvia, garantizando un suministro confiable durante períodos de sequía y estiaje. Esta capacidad resulta fundamental en zonas caracterizadas por una alta variabilidad climática con es el caso de Huayco Grande y Rujero.

Según INFOBAE (2022), la cosecha de agua de lluvia incrementa la disponibilidad hídrica para riego, especialmente en zonas vulnerables a la escasez de agua. Esta práctica no solo amplía la cantidad de agua disponible, sino que también contribuye a la sostenibilidad agrícola y a la seguridad alimentaria. Almacenar grandes volúmenes de agua durante la temporada de lluvias proporciona una fuente suplementaria que puede ser utilizada en épocas secas, mejorando la gestión integral del recurso.

Al aprovechar el agua de lluvia, los agricultores pueden disminuir su dependencia de fuentes de agua externas, como ríos o acuíferos, lo que les ayuda a gestionar mejor sus recursos hídricos y reduce la presión sobre estos sistemas.

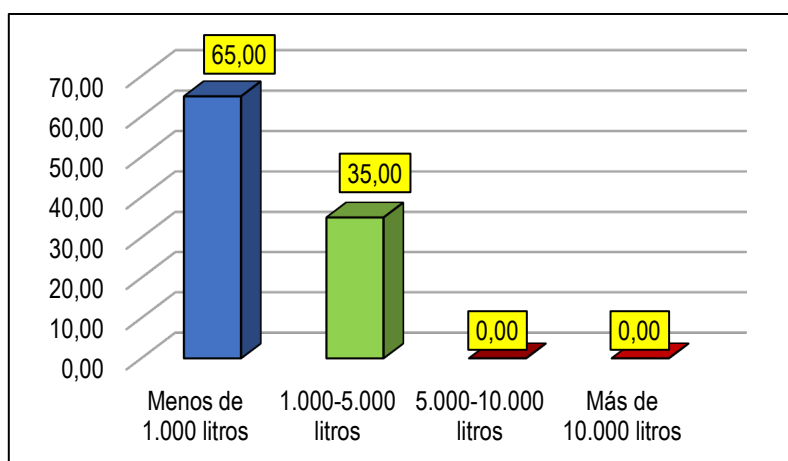
De acuerdo con los datos presentados en la Tabla 4 y el Gráfico 8, el 65% de los encuestados almacenan un volumen mínimo de 1,000 litros de agua en sus atajados, mientras que el 35% restante reporta almacenar entre 1,000 y 5,000 litros. En algunos casos, las familias disponen de dos atajados, lo que les permite recolectar mayores volúmenes de agua. Esta información fue corroborada mediante visitas de campo y entrevistas individuales con los productores.

Tabla 4:
Disponibilidad de agua cosechada

Valor Cualitativo	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Menos de 1000 litros	26	65,00	65,00
1000 - 5000 litros	14	35,00	100,00
5000 - 10000 litros	0	0,00	
Más de 10000 litros	0	0,00	
Total	40	100,00	

Nota: Elaboración propia en base a cuestionario aplicado a productores de las comunidades de Huayco Grande y Rujero.

Gráfico 8:
Disponibilidad de agua cosechada



Nota: Elaboración propia en base a cuestionario aplicado a productores de las comunidades de Huayco Grande y Rujero.

1) Solución a problemas de abastecimiento y optimización del recurso agua

Los sistemas de cosecha de agua de lluvia han contribuido significativamente a mitigar la escasez hídrica, especialmente durante los períodos de sequía, al permitir el almacenamiento eficiente del agua pluvial. Esto garantiza un suministro constante para el riego agrícola, disminuyendo la dependencia de fuentes externas y fortaleciendo la seguridad hídrica en las comunidades.

En el municipio de Uriondo, donde la disponibilidad de agua es un desafío crítico, los productores han implementado diversas técnicas y sistemas de riego que optimizan el uso del recurso hídrico. La construcción de infraestructuras como atajados, estanques y canales, junto con la aplicación de tecnologías de riego eficientes, como el riego por goteo y aspersión, ha maximizado la captación y distribución del agua disponible, lo cual es esencial en un entorno semiárido.

La colaboración entre productores, organizaciones no gubernamentales, autoridades municipales y la gobernación departamental de Tarija ha sido fundamental para desarrollar y mantener estas infraestructuras, facilitando el acceso al agua y promoviendo una gestión integrada y sostenible del recurso.

El fortalecimiento de capacidades técnicas en los productores ha mejorado no solo la productividad agrícola, sino también sus prácticas de manejo ambiental y su capacidad para resolver problemas relacionados con la disponibilidad hídrica, contribuyendo a la sostenibilidad comunitaria.

La combinación de reservorios (atajados) con sistemas de riego tecnificados y un manejo adecuado del riego permite un uso óptimo del agua almacenada, favoreciendo una agricultura resiliente y sostenible. La elección del sistema de riego más adecuado para cada productor depende no solo de la eficiencia técnica, sino también de factores económicos y del nivel de capacitación. Actualmente, el riego por gravedad es el más utilizado (53%), seguido por el riego por aspersión (33%) y el riego por goteo (15%).

En conclusión, la integración de infraestructuras para la captación y almacenamiento de agua con tecnologías de riego eficientes y capacitación técnica ha optimizado la gestión del recurso hídrico en Uriondo, fortaleciendo la seguridad hídrica y la productividad agrícola en un contexto de creciente escasez y variabilidad climática.

Tabla 5:

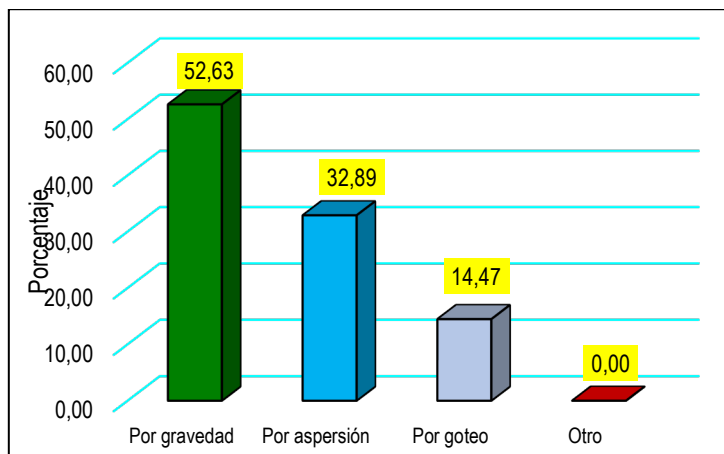
Técnicas de riego que utiliza para aplicar el agua de los reservorios

Valor Cualitativo	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Por gravedad	21	52,63	52,63
Por aspersión	13	32,89	85,53
Por goteo	6	14,47	100,00
Otro	0	0,00	100,00
Total	40	100,00	

Nota: Elaboración propia en base a cuestionario aplicado a productores de las comunidades de Huayco Grande y Rujero

Gráfico 9:

Técnicas de riego que utiliza para aplicar el agua de los reservorios



Nota: Elaboración propia en base a cuestionario aplicado a productores de las comunidades de Huayco Grande y Rujero

- **Mejora de la Seguridad Hídrica**

La implementación de técnicas de siembra y cosecha de agua ha permitido a las familias agricultoras garantizar un suministro constante y confiable de agua para riego, especialmente durante los períodos críticos de sequía. Esta disponibilidad sostenida del recurso hídrico es fundamental para fortalecer la resiliencia de las comunidades frente a la creciente variabilidad climática y la intensificación de eventos extremos asociados al cambio climático. Además, reduce significativamente la dependencia de fuentes externas de agua, como ríos y acuíferos, que suelen estar sometidos a sobreexplotación y fluctuaciones estacionales.

Uno de los avances más relevantes en la región ha sido el aumento progresivo en la construcción de atajados y reservorios de agua, infraestructuras que permiten almacenar volúmenes significativos de agua de lluvia durante la temporada húmeda para su uso durante todo el año. Esta capacidad de almacenamiento ha ampliado la frontera agrícola, posibilitando el riego de tierras que anteriormente eran cultivadas en seco, lo que a su vez incrementa la productividad y diversificación de cultivos.

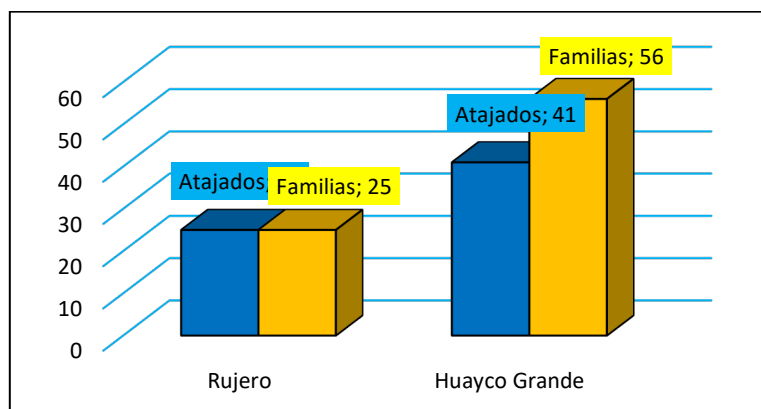
De acuerdo con los datos recopilados mediante encuestas familiares y entrevistas a productores, la construcción de estas obras ha mostrado un crecimiento constante desde 1997, año en que se iniciaron los primeros proyectos con el apoyo técnico y financiero de organizaciones no gubernamentales (ONG). Aunque en la última década el respaldo de las ONG ha disminuido, el gobierno municipal y la subgobernación de Uriondo han asumido un rol activo en la continuidad y expansión de estas infraestructuras hidráulicas, asegurando la sostenibilidad de los sistemas de cosecha de agua.

En términos cuantitativos, en la comunidad de Rujero se contabilizan actualmente 25 atajados que benefician directamente a 25 familias agricultoras, mientras que en Huayco Grande existen 41 atajados que proporcionan acceso al agua para riego a un total de 56 familias. Estos datos reflejan el impacto tangible de las inversiones en infraestructura hídrica y su contribución a la seguridad del agua en ambas comunidades.

En resumen, la siembra y cosecha de agua, apoyada por la construcción de reservorios adecuados, representa una estrategia clave para garantizar la seguridad hídrica, aumentar la capacidad productiva y fortalecer la adaptación de las comunidades rurales de Uriondo frente a los desafíos del cambio climático.

Gráfico 10:

Número de atajados construidos por comunidad



Nota: Elaboración propia en base a datos de encuestas y entrevistas

- **Beneficios Ambientales**

La siembra y cosecha de agua representan estrategias fundamentales para mitigar los efectos adversos del cambio climático, optimizando la gestión hídrica y promoviendo prácticas agrícolas sostenibles y resilientes. Estas técnicas contribuyen significativamente a la conservación del suelo, la mejora de su capacidad de retención hídrica y la restauración de ecosistemas degradados, aspectos clave para la seguridad alimentaria y la sostenibilidad ambiental. Entre los beneficios mayores se pueden mencionar:

- 1) **Mejora de la infiltración y recarga hídrica**

La implementación de sistemas de siembra y cosecha de agua facilita la infiltración del agua de lluvia en el perfil del suelo, lo que favorece la recarga de acuíferos locales y el mantenimiento de los niveles freáticos. Al captar y almacenar eficientemente el agua pluvial, se reduce la escorrentía superficial, minimizando la erosión hídrica y la pérdida de nutrientes esenciales para la fertilidad del suelo. Esta mejora en la dinámica hídrica local es

especialmente valiosa en regiones semiáridas y áridas, donde la disponibilidad de agua es limitada y variable (Estrada Zuñiga, et al., 2018; FAO, 2013).

2) Conservación y uso eficiente de los recursos hídricos

La cosecha de agua de lluvia maximiza la utilización de este recurso natural, contribuyendo a la conservación de fuentes hídricas superficiales y subterráneas. En zonas con estrés hídrico, estas prácticas permiten un manejo más sostenible, asegurando un suministro constante para usos agrícolas, domésticos y ecosistémicos, y reduciendo la dependencia de fuentes externas o no renovables (FAO, 2013; PROAGRO, 2017).

3) Recuperación y restauración de ecosistemas

Las técnicas de siembra y cosecha de agua son herramientas efectivas para la rehabilitación de suelos degradados y la recuperación de la biodiversidad. Al mejorar la humedad y la estructura del suelo, se promueve la reforestación y la protección de cuencas hidrográficas, lo que fortalece la resiliencia de los ecosistemas frente a eventos climáticos extremos (PROAGRO, 2017; (SEMTA y FONAMA, 2000). Además, estos procesos contribuyen a la conservación de la flora y fauna local, generando un impacto positivo en la salud ambiental general (Altieri, 2013).

4) Mejora de la calidad y fertilidad del suelo

La acumulación de materia orgánica en el suelo se ve favorecida por la mayor disponibilidad de agua y la reducción de la erosión, lo que mejora la estructura física del suelo, su capacidad de retención de nutrientes y su fertilidad a largo plazo. Asimismo, una gestión adecuada del riego y la siembra evita la acumulación de sales, un problema frecuente en suelos de zonas áridas y semiáridas, previniendo la salinización y manteniendo la productividad agrícola (FAO, 2021; MMAyA, 2020).

5) Diversificación agrícola y fortalecimiento de la biodiversidad

La disponibilidad constante y mejor gestionada del agua permite el cultivo de una mayor diversidad de especies vegetales, lo que incrementa la biodiversidad del ecosistema y favorece la fauna local. Esta diversificación contribuye a sistemas agrícolas más resilientes y productivos, capaces de adaptarse a variaciones climáticas y reducir riesgos asociados a monocultivos (Altieri, 2013).

6) Adaptación comunitaria y fortalecimiento de sistemas agrícolas

La gestión eficiente del agua mediante la siembra y cosecha fortalece la capacidad de las comunidades rurales para adaptarse a condiciones climáticas extremas, como sequías prolongadas o lluvias intensas. Esto se traduce en una mayor estabilidad productiva,

seguridad alimentaria y bienestar socioeconómico, al reducir la vulnerabilidad de los sistemas agrícolas y mejorar la resiliencia frente al cambio climático (Altieri, 2013; IPCC, 2014).

7) Conciencia ambiental y promoción de prácticas sostenibles

Además de sus beneficios directos, la implementación de estas técnicas fomenta una mayor conciencia social sobre la importancia del manejo sostenible del agua y los recursos naturales. Esto impulsa la adopción de prácticas agrícolas más responsables y conscientes, promoviendo un desarrollo rural sostenible y el cuidado del medio ambiente para las generaciones futuras.

En función del objetivo específico 2. – *Identificar las mejoras en la productividad agrícola familiar derivadas de la aplicación de técnicas de siembra y cosecha de agua.*

El uso y manejo actual de los reservorios familiares de agua en las comunidades de Huayco Grande y Rujero ha generado un impacto significativo en la productividad agrícola familiar, así como en la economía y seguridad alimentaria de las familias. Estos reservorios, construidos para almacenar agua de lluvia, son esenciales para garantizar el suministro hídrico durante los períodos secos y son gestionados y mantenidos por las propias comunidades, lo que fortalece el sentido de propiedad y responsabilidad sobre el recurso.

Durante la temporada de lluvias (diciembre a marzo), las familias captan y almacenan agua en estos reservorios, la cual es utilizada principalmente en la temporada seca (mayo a noviembre) para el riego de sus parcelas agrícolas y el abrevaje de su ganado. La capacidad de almacenamiento varía entre reservorios, pero en general permite disponer de volúmenes significativos que resultan cruciales en una región afectada por la escasez hídrica recurrente.

El 100% de los entrevistados reporta que el agua almacenada en sus atajados se destina exclusivamente al riego de cultivos y al consumo animal, asegurando así la continuidad de la producción agrícola y la alimentación familiar. Para optimizar el uso del recurso, los agricultores han adoptado métodos de riego eficientes, como el riego por goteo y por aspersión, que reducen el desperdicio de agua y promueven prácticas agrícolas sostenibles.

1) Cosecha de agua para la mejora de la producción agrícola

El acceso constante a agua de riego ha permitido a los productores diversificar sus cultivos y aumentar la frecuencia de siembra, lo que se traduce en un incremento sustancial de la producción agrícola. Esta mejora contribuye a la seguridad alimentaria al garantizar el abastecimiento de alimentos durante todo el año, además de generar excedentes comercializables que incrementan los ingresos familiares y disminuyen la dependencia de la compra externa de alimentos.

Al asegurar la disponibilidad hídrica durante todo el año, las familias reducen su vulnerabilidad frente a la variabilidad climática y pueden planificar sus ciclos productivos con mayor certidumbre, minimizando el riesgo de pérdidas económicas asociadas a sequías o escasez de agua.

Según información proporcionada por la ONG IICCA, un reservorio con capacidad de almacenamiento de 1,000 m³ puede abastecer el riego de hasta 0.68 hectáreas durante la siembra de verano y aproximadamente 0.25 hectáreas en la siembra de invierno, evidenciando la eficiencia y alcance de estas infraestructuras en la mejora de la productividad agrícola familiar.

Tabla 6:
Superficie de cultivo que se puede regar con un atajado de 1000 m³

Cultivo	Siembra	Cosecha	Superficie en Ha.
Siembra de estación (verano)			
Maíz grano	Noviembre	Abril	0,66
Papa	Noviembre	Febrero	0,60
Tomate	Noviembre	Febrero	0,68
Arveja	Noviembre	Abril	0,47
Lechuga	Noviembre	Febrero	0,66
Siembra de contra estación (verano)			
Maíz choclo	Agosto	Diciembre	0,30
Papa miskha	Agosto	Noviembre	0,21
Tomate	Agosto	Noviembre	0,21
Arveja	Agosto	Enero	0,21
Lechuga	Agosto	Noviembre	0,22

Nota: Atajados en Tarija. Experiencia de IICA (2002)

Para determinar la superficie de cultivo que se puede regar con un atajado de 1000 m³, es necesario considerar el requerimiento hídrico de los cultivos que se planean irrigar. En general, la cantidad de agua necesaria para regar depende del tipo de cultivo, el clima, el tipo de suelo y la eficiencia del sistema de riego.

Por ejemplo, el requerimiento de agua para el cultivo de maíz es de aproximadamente 600 mm (0.6 m) por ciclo de cultivo. Esto significa que para regar 1 hectárea (10,000 m²) de maíz se necesitarían 6,000 m³ de agua.

Si para el caso solamente se dispone de 1000 m³ de agua, la superficie que se puede regar se calcula de la siguiente manera:

$$Superficie\ regable = \frac{Volumen\ de\ agua\ disponible}{Requerimiento\ de\ agua/Ha.}$$

$$Superficie\ regable = \frac{1000\ m^3}{6000\ \frac{m^3}{Ha}}$$

La superficie regable de cultivo de maíz será aproximadamente 0,167 Ha. o de 1670 m².

Para el caso del cultivo de papa, si el requerimiento es de 500 mm (0.5 m) por ciclo, se necesitarían 5,000 m³ por hectárea. Entonces:

$$Superficie\ regable = \frac{\text{Volumen de agua disponible}}{\text{Requerimiento de agua/Ha.}}$$

$$Superficie\ regable = \frac{1000\ m^3}{5000\ \frac{m^3}{Ha}}$$

La superficie regable de cultivo de papa será aproximadamente 0,2 Ha. o de 2000 m².

Otro detalle a considerar, es que la introducción de sistemas de riego por goteo y por aspersión aseguran la eficiencia en el uso del agua y el suministro adecuado a los cultivos, aunque cada uno tiene características y beneficios particulares.

El riego por goteo minimiza el desperdicio y optimiza el uso del agua pudiendo alcanzar una eficiencia de hasta el 95%, reduciendo pérdidas por evaporación y percolación y de esta manera, mejora el rendimiento y la calidad de los cultivos porque se evita el contacto del agua con las hojas, se disminuye la proliferación de enfermedades en las plantas.

La mayor dificultad para su acceso, sigue siendo el costo que representa para el productor.

Por otro lado, el riego por aspersión, si bien es un sistema es capaz de cubrir grandes áreas de cultivo de manera uniforme, que lo hace ideal para cultivos extensivos, tiene una eficiencia menor cercana al 65%.

Con estas consideraciones, se puede indicar que la introducción de los atajados/reservorios, están cumpliendo un rol de dar una solución efectiva y adaptable para mejorar la disponibilidad de agua para riego en zonas con escasez hídrica como son las comunidades de Huayco Grande y Rujero, permitiéndoles incrementar la producción agrícola de manera sostenible.

Se debe señalar que una gestión adecuada de los reservorios está ayudando a las familias de Huayco Grande y Rujero a adaptarse a los efectos del cambio climático, enfrentando situaciones a veces extremas como la variabilidad en las lluvias y la presencia

de sequías prolongadas. Esto es fundamental para mantener la estabilidad económica y social en estas comunidades.

1) Incremento de la Productividad Agrícola

Al contar con un acceso más confiable al agua, los agricultores pueden diversificar sus cultivos y realizar múltiples siembras a lo largo del año porque les permite afrontar períodos de sequía en el ciclo agrícola, esta situación es la más apreciada y la que más resaltan los agricultores de la zona, ya que antiguamente el riesgo de las pérdidas de sus cosechas por falta de agua era grandes y frecuentes. La disponibilidad de agua, no solo aumenta la producción total, sino que también mejora la calidad de los cultivos, lo que se traduce en una garantía para la seguridad alimentaria de las familias y por la venta de los productos mayores ingresos económicos.

Al aumentar la disponibilidad de agua y mejorar la producción de alimentos, la siembra y cosecha de agua contribuye a una mejor calidad de vida. Las familias pueden acceder a alimentos frescos y nutritivos, lo que también mejora la salud general de la comunidad.

Según los datos proporcionados por el Observatorio Agroambiental y Productivo dependiente del Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras-MDRyT, el cuadro siguiente representa la proporción del incremento en el rendimiento de los cultivos en el departamento de Tarija.

Tabla 7:

Incremento en la productividad de las hortalizas

HORTALIZAS	2017-2018			2018-2019			2019-2020			2020-2021		
	Superficie (Ha)	Producción (T)	Rendimiento (kg/ha)	Superficie (Ha)	Producción (T)	Rendimiento (kg/ha)	Superficie (Ha)	Producción (T)	Rendimiento (kg/ha)	Superficie (Ha)	Producción (T)	Rendimiento (kg/ha)
ARVEJA	3.184	4.414	1.386	3.188	4.511	1.415	3.286	4.651	1.415	3.264	4.721	1.446
CEBOLLA	1.118	13.040	11.667	1.153	20.243	17.564	1.171	16.405	14.005	1.200	16.981	14.153
LECHUGA	69	426	6.200	68	419	6.155	68	424	6.238	68	424	6.246
MAÍZ CHOCLO	982	2.053	2.090	987	2.043	2.071	986	2.096	2.126	984	2.103	2.138
TOMATE	519	5.744	11.060	558	6.549	11.736	562	6.543	11.647	566	6.604	11.661

Nota: Elaboración propia en base a datos del Observatorio Agroambiental y Productivo dependiente del Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras-MDRyT

De la encuesta realizada con los agricultores que cuentan con reservorios de agua para conocer su opinión sobre la efectividad y el impacto de estos sistemas en sus actividades agrícolas. Los resultados reflejan diversas percepciones personales, clasificadas en cuatro categorías: bueno, muy poco, poco y regular, como se muestra en la Tabla 8.

El 12,50% de los encuestados calificó la experiencia con sus reservorios de agua como buena, destacando beneficios significativos en la disponibilidad y uso del recurso hídrico. Por otro lado, un 10% manifestó que la utilidad del reservorio es muy poca, señalando limitaciones en su capacidad o en la gestión del agua. Un 15% consideró que el impacto es poco, indicando que, aunque hay cierta mejora, esta no es suficiente para cubrir sus

necesidades. Finalmente, la mayoría, un 62,50%, calificó su experiencia como regular, lo que sugiere que si bien los reservorios aportan beneficios, aún existen aspectos por mejorar para optimizar su funcionamiento y aprovechar al máximo el recurso.

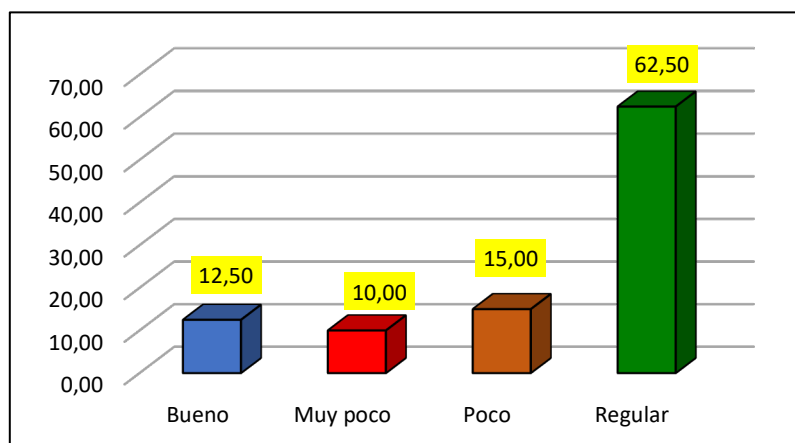
Estos resultados evidencian la importancia de continuar trabajando en la mejora y gestión eficiente de los reservorios, con el fin de aumentar la satisfacción y el rendimiento agrícola de los productores.

Tabla 8:
Incremento de la Productividad Agrícola

Valor Cualitativo	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Bueno	5	12,50	12,50
Muy poco	4	10,00	22,50
Poco	6	15,00	37,50
Regular	25	62,50	100,00
Total	40	100,00	

Nota: Elaboración propia en base a cuestionario aplicado a productores de las comunidades de Huayco Grande y Rujero

Gráfico 11:
Incremento de la Productividad Agrícola



Nota: Elaboración propia en base a cuestionario aplicado a productores de las comunidades de Huayco Grande y Rujero

Según datos del MDPyEP (2023), la productividad agrícola en Tarija ha experimentado un incremento significativo, atribuible a la adopción de tecnologías y prácticas agrícolas innovadoras, tales como la incorporación de maquinaria agrícola, sistemas de cosecha de agua y el uso de riego inteligente. En particular, la implementación de sistemas de riego por goteo ha demostrado, según los testimonios de los agricultores entrevistados,

ser más eficiente que los métodos tradicionales, contribuyendo a la mejora en la producción y rendimiento de los cultivos.

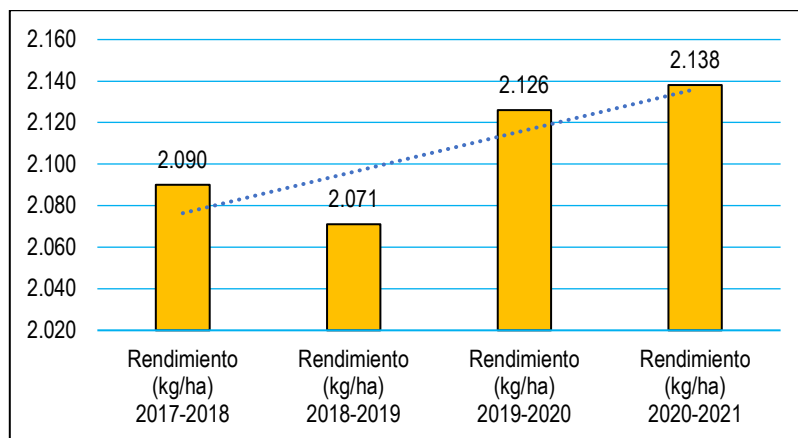
No obstante, a pesar de los beneficios comprobados, la adopción generalizada del riego por goteo se ve limitada principalmente por los costos asociados a su adquisición e instalación. En muchos casos, los productores dependen de la provisión de estos sistemas por parte de las autoridades locales para poder implementarlos.

A continuación, se presentan algunos de los valores y resultados destacados que evidencian este incremento en la productividad agrícola:

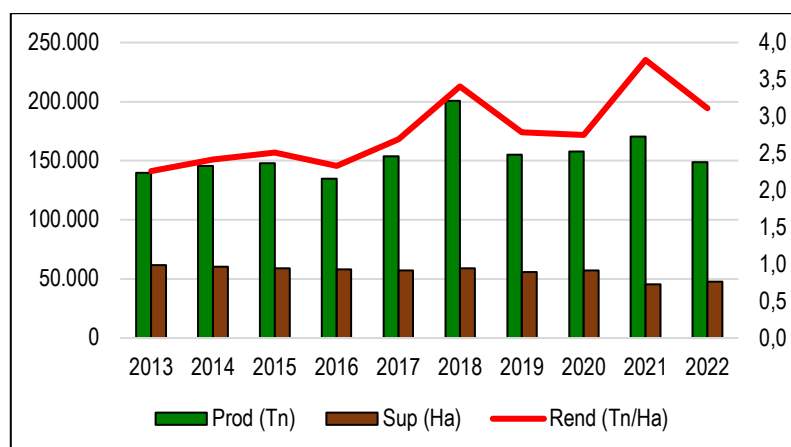
Cultivo de maíz: En los gráficos 12 y 13 se muestran que los rendimientos de maíz en los valles de Tarija han alcanzado cifras significativas. Por ejemplo, se ha reportado que, en condiciones favorables, los agricultores pueden obtener hasta 80 quintales por hectárea (equivalente a 8 toneladas por hectárea) (PTDI 2021-2025) en años sin inclemencias climáticas adversas como heladas o sequías. Este incremento en la productividad del maíz en los valles de Tarija ha sido notable en los últimos años, impulsado por la introducción de nuevas variedades y técnicas de cultivo.

Gráfico 12:

Incremento en la productividad del cultivo de maíz



Nota: Elaboración propia en base a datos del Observatorio Agroambiental y Productivo dependiente del Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras-MDRyT

Gráfico 13:*Incremento de la Productividad del Maíz*

Nota: Elaboración propia en base a datos del MDPyEP 2023 para el departamento de Tarija

Cultivo de papa: En los gráficos 14 y 15 se muestran que el aumento en la productividad de la papa en los valles de Tarija ha sido notable en los últimos años. La introducción de variedades mejoradas como como Huaycha, Desirée y Marcela, liberadas por el Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF)¹⁶, ha permitido a los agricultores obtener rendimientos más altos. Los agricultores pueden obtener rendimientos de hasta 30 a 40 toneladas por hectárea en condiciones ideales porque estas variedades son más resistentes a plagas y enfermedades. Esto representa un aumento significativo (17%) en comparación con rendimientos mucho más bajos en el pasado.

El uso de técnicas adecuadas, como el uso de labranza mínima, ha demostrado ser efectivo para aumentar la productividad. Esta técnica reduce la compactación del suelo y mejora su capacidad para retener agua, lo cual es esencial para el crecimiento de las papas.

Por otro lado, las prácticas de manejo integrado de plagas (MIP) han disminuido las pérdidas causadas por enfermedades y plagas.

Finalmente, el aumento en la demanda local de productos frescos ha motivado a los agricultores a aumentar su producción de papa, lo que incluye la rotación de cultivos y el uso de prácticas culturales que reducen la presión de plagas.

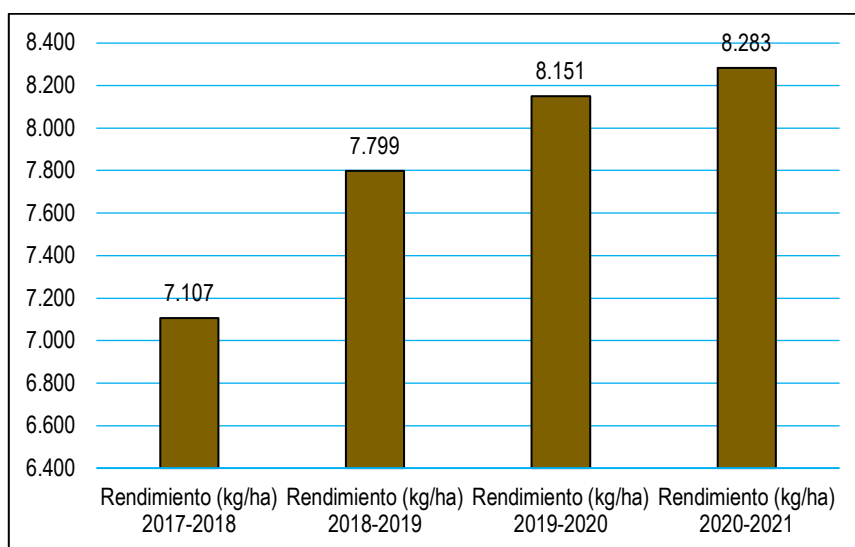
¹⁶ El Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF) es la entidad pública boliviana responsable de la investigación, mejoramiento, certificación y promoción de semillas y tecnologías agropecuarias y forestales en Bolivia. Su misión es contribuir a la seguridad alimentaria y al desarrollo sostenible del sector agropecuario mediante la generación y difusión de variedades mejoradas de cultivos como maíz, trigo, papa, quinua, entre otros.

Tabla 9:
Incremento en la productividad de la papa

TUBÉRCULOS	2017-2018			2018-2019			2019-2020			2020-2021		
	Superficie (Ha)	Producción (T)	Rendimiento (kg/ha)	Superficie (Ha)	Producción (T)	Rendimiento (kg/ha)	Superficie (Ha)	Producción (T)	Rendimiento (kg/ha)	Superficie (Ha)	Producción (T)	Rendimiento (kg/ha)
PAPA	8.258	58.692	7.107	8.367	65.250	7.799	8.560	69.771	8.151	8.729	72.298	8.283

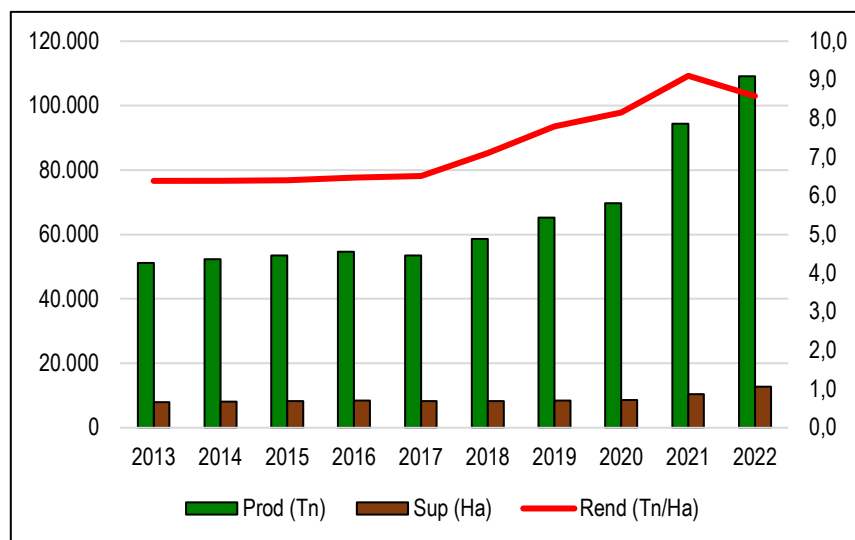
Nota: Elaboración propia en base a datos del Observatorio Agroambiental y Productivo dependiente del Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras-MDRyT

Gráfico 14:
Incremento en la productividad del cultivo de papa



Nota: Elaboración propia en base a datos del Observatorio Agroambiental y Productivo dependiente del Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras-MDRyT

Gráfico 15:
Incremento de la Productividad de la Papa

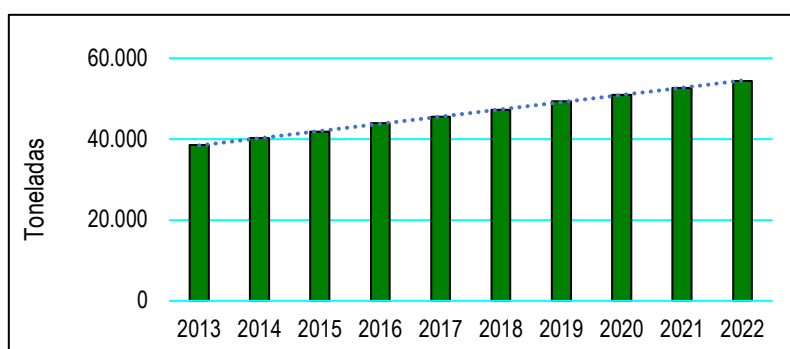


Nota: Elaboración propia en base a datos del MDPyEP 2023 para el departamento de Tarija

Cultivo de hortalizas: Durante el período 2013-2022, la producción de hortalizas en Tarija experimentó un crecimiento sostenido, pasando de 38,500 toneladas en 2013 a 54,400 toneladas en 2022, lo que representa un incremento del 41.3% en la última década (MDPyEP, 2023). Este aumento se atribuye principalmente a la expansión de la superficie cultivada y a la mejora en los rendimientos por hectárea, impulsados por la adopción de técnicas de riego eficientes y el uso de semillas mejoradas.

Gráfico 16:

Incremento de la Productividad de las Hortalizas

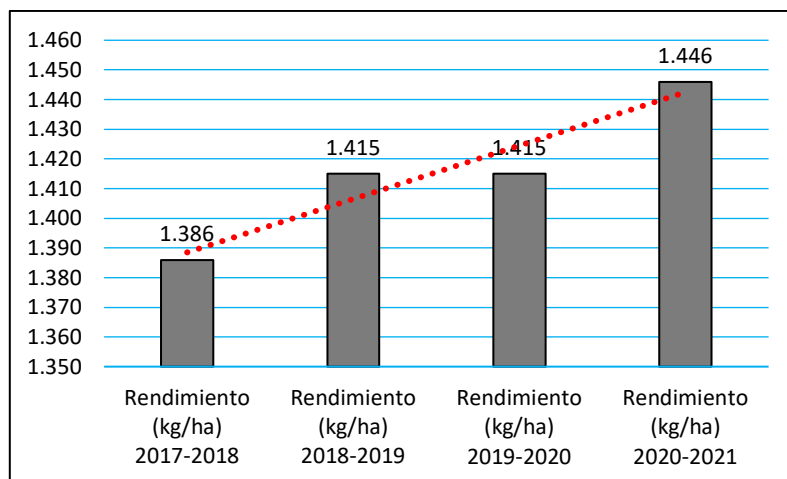


Nota: Elaboración propia en base a datos del MDPyEP 2023 para el departamento de Tarija

En las comunidades rurales de Huayco Grande y Rujero, los cultivos predominantes incluyen tomate, cebolla, zanahoria, lechuga y pimentón. La producción hortícola en estas localidades ha crecido de manera constante, consolidándose como un sector clave para la economía local y la seguridad alimentaria local y cuyos datos se presentan en las siguientes gráficas:

Gráfico 17:

Incremento en la productividad del cultivo de arveja

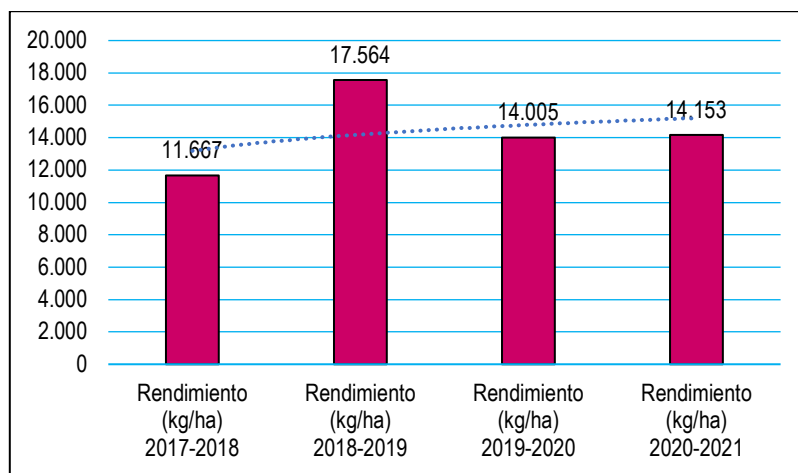


Nota: Elaboración propia en base a datos del Observatorio Agroambiental y Productivo dependiente del Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras-MDRyT

El gráfico anterior, muestra la tendencia de incremento que tuvo la productividad del cultivo de arveja, este incremento no ha sido muy significativo y que está en el orden del 5% considerando como año base la gestión 2017-2018. La introducción de ecotipos y variedades mejoradas, han obtenido rendimientos de hasta 5.5 toneladas por hectárea bajo condiciones óptimas, superando a variedades locales que producen menos.

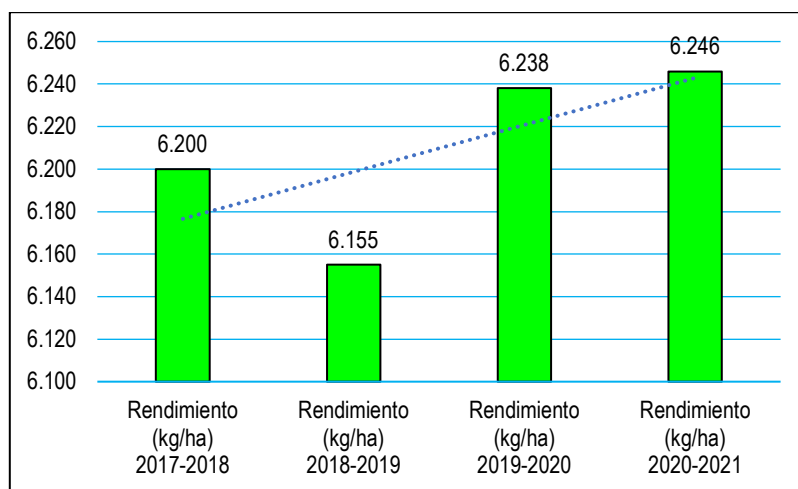
Gráfico 18:

Incremento en la productividad del cultivo de cebolla



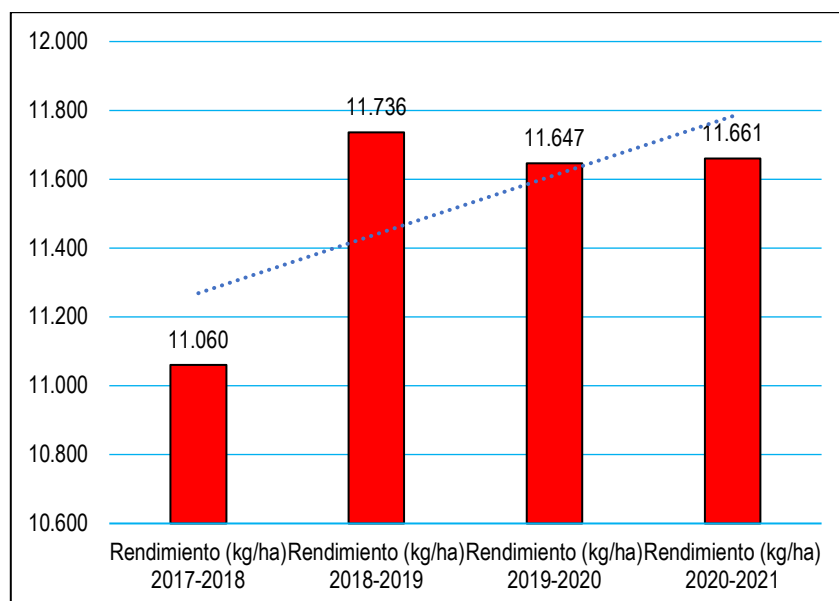
Nota: Elaboración propia en base a datos del Observatorio Agroambiental y Productivo dependiente del Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras-MDRyT

El gráfico anterior muestra un comportamiento interesante de este cultivo, especialmente durante la gestión 2018-2019, cuando el rendimiento fue superior al año anterior en un 50%, pero luego disminuyó, pero en general continuó creciendo hasta la gestión 2020-2021, con un rendimiento superior en un 21%, lo que refleja un crecimiento constante de la productividad del cultivo, lo que resulta en mejoras económicas para las familias. En condiciones óptimas, los agricultores pueden alcanzar rendimientos de hasta 40-50 toneladas por hectárea, dependiendo de la variedad y las prácticas agrícolas implementadas.

Gráfico 19:*Incremento en la productividad del cultivo de lechuga*

Nota: Elaboración propia en base a datos del Observatorio Agroambiental y Productivo dependiente del Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras-MDRyT

Al contrario de lo que ocurrió con el cultivo de cebolla, el cultivo de lechuga experimentó una baja productividad durante la gestión 2018-2019, esto mejoró en los años siguientes. En general, la productividad de este cultivo no ha sido significativa porque hasta la gestión 2020-2021, el aumento no superó el 1%. Sin embargo, el incremento en la productividad de la lechuga en los valles de Tarija es un resultado positivo que refleja la combinación de variedades mejoradas, sistemas eficientes de riego y un enfoque hacia prácticas agrícolas sostenibles. Estos factores no solo han permitido a los agricultores aumentar sus rendimientos, sino que también están contribuyendo a mejorar la seguridad alimentaria y el bienestar económico en las comunidades rurales.

Gráfico 20:*Incremento en la productividad del cultivo de tomate*

Nota: Elaboración propia en base a datos del Observatorio Agroambiental y Productivo dependiente del Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras-MDRyT

El gráfico muestra que la mejora en la productividad del tomate en los valles de Tarija es un resultado positivo que refleja una combinación de variedades híbridas, técnicas agrícolas modernas y un enfoque hacia el manejo sostenible del agua y del suelo. Estos factores han ayudado a los agricultores a aumentar sus ganancias y mejorar la seguridad alimentaria y el bienestar económico en las comunidades rurales.

También se debe hacer mención de que el desarrollo productivo en el departamento de Tarija ha sido significativamente potenciado por el Programa Solidario Comunal (PROSOL)¹⁷, iniciativa del Gobierno Autónomo Departamental que canaliza recursos provenientes de la renta petrolera hacia comunidades campesinas e indígenas.

En general, se puede inferir que en las comunidades de Huayco Grande y Rujero del municipio de Uriondo, se han implementado acciones integrales que incluyen la construcción de reservorios de agua (atajados), la capacitación en el uso de sistemas de riego tecnificados como goteo y aspersión para optimizar el funcionamiento de estas infraestructuras, la diversificación de cultivos y la promoción de prácticas agrícolas sostenibles, tales como la rotación de cultivos y el uso de abonos orgánicos. Estas estrategias han contribuido a mejorar

¹⁷ El Programa Solidario Comunal (PROSOL) de la gobernación de Tarija, es un programa que transfiere recursos económicos provenientes de la renta petrolera a las comunidades campesinas e indígenas para la ejecución de iniciativas productivas comunales. Su objetivo es mejorar la producción y transformación de la producción agropecuaria, garantizando la seguridad y soberanía alimentaria, y así mejorar la calidad de vida de las comunidades y reducir la pobreza.

la seguridad alimentaria y los medios de vida, maximizando el potencial de la cosecha de agua de lluvia.

1) Generación de Ingresos

La posibilidad de cultivar más y diferentes tipos de productos permite a las familias asegurar la producción y vender productos seguros y de mejor calidad en los mercados locales, lo que contribuye a mejorar su economía. Esto es especialmente importante para las comunidades de Huayco Grande y Rujero, donde la agricultura es la principal fuente de ingresos.

Tabla 10:

Rentabilidad de los cultivos con el beneficio del agua de los atajados

Cultivo	Ingresos en Bs.		Rentabilidad	
	Sin Atajado	Con Atajado	Sin Atajado	Con Atajado
Papa	8.152,17	11.413,04	-5%	33%
Tomate	3.780,00	4.980,00	-6%	24%

Nota: Elaboración propia en base a datos obtenidos de las encuestas

En función del objetivo específico 3. – Determinar las percepciones y conocimientos de los agricultores sobre la siembra y cosecha de agua como estrategia de adaptación al cambio climático.

La creciente preocupación por los impactos del cambio climático en la agricultura ha impulsado la capacitación de los agricultores sobre la siembra y cosecha de agua, condición clave para mejorar la gestión hídrica y la resiliencia productiva. Evaluar estas percepciones es esencial para identificar obstáculos y oportunidades en su adopción, facilitando el diseño de políticas y programas efectivos. La investigación ha encontrado que los agricultores reconocen cambios climáticos significativos y aplican medidas adaptativas con distintos niveles de conocimiento y recursos, lo que destaca la importancia de integrar saberes locales y científicos para promover prácticas sostenibles que garanticen la seguridad alimentaria y la conservación ambiental.

A continuación, se exponen los resultados de la investigación, que permiten identificar patrones y tendencias fundamentales para su interpretación:

1) Desarrollo de capacidades y habilidades técnicas de los productores

Desde 1996, los productores de Huayco Grande y Rujero han mejorado sus habilidades tanto individuales como colectivas gracias a los programas de capacitación y asistencia técnica ofrecidos por la ONG IICCA. Esto se ha visto reflejado en la construcción

de pequeños estanques excavados en la tierra para almacenar agua de lluvia, cuya ventaja de esta tecnología es su bajo costo y su alta eficiencia para dotar de agua a zonas rurales.

Los participantes de la encuesta también mencionan que, al principio, la Pastoral Social Cáritas en Bolivia fomentó la construcción de atajados rústicos y de pequeño tamaño a través del Programa Alimentos por Trabajo.

Se ha observado que el grado de absorción de estas innovaciones está correlacionado con la percepción de su utilidad. Estas iniciativas también han permitido la introducción de tecnologías agrícolas innovadoras, como el uso de semillas mejoradas y técnicas de manejo de suelos, que son cruciales para mejorar la productividad y sostenibilidad de sus prácticas agrícolas.

A medida que los productores desarrollaron habilidades para implementar nuevas tecnologías, también aumentaron su capacidad para enfrentar desafíos como la escasez de agua, lo que se traduce en prácticas más responsables y sostenibles, que son esenciales para maximizar el uso de los recursos hídricos disponibles.

En respuesta a la pregunta sobre qué han hecho para adaptarse a los cambios en la disponibilidad de agua, el 55,56% de los encuestados respondieron que han implementado infraestructura de riego, particularmente atajados y canales de conducción; el 28,57% han utilizado técnicas de riego eficientes, como sistemas de riego por aspersión y por goteo; y el 15,87% han cambiado sus cultivos, particularmente hortalizas por papa.

Tabla 11:

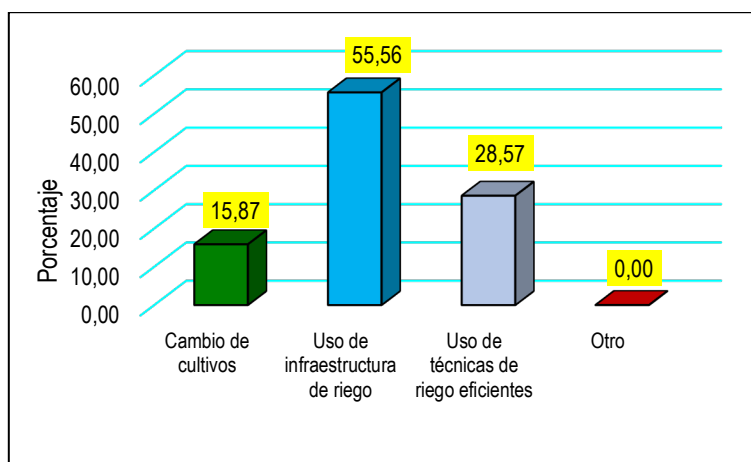
Acciones para adaptarse a los cambios en la disponibilidad de agua

Valor Cualitativo	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Cambio de cultivos	6	15,87	15,87
Uso de infraestructura de riego	22	55,56	71,43
Uso de técnicas de riego eficientes	11	28,57	100,00
Otro	0	0,00	100,00
Total	40	100,00	

Nota: Elaboración propia en base a cuestionario aplicado a productores de las comunidades de Huayco Grande y Rujero

Gráfico 21:

Acciones para adaptarse a los cambios en la disponibilidad de agua



Nota: Elaboración propia en base a cuestionario aplicado a productores de las comunidades de Huayco Grande y Rujero

2) Fomento de actitudes y acciones ambientales y fortalecimiento de la resiliencia comunitaria

Las actitudes de los productores hacia el medio ambiente han evolucionado, impulsadas por la necesidad de adaptarse a condiciones climáticas cambiantes y la presión sobre los recursos hídricos. En Uriondo, donde la agricultura es la principal actividad económica, los productores han comenzado a adoptar prácticas que promueven la conservación del agua, la construcción de atajados y sistemas de riego eficiente es una de las acciones del cuidado del medio ambiente..

La implementación de estas prácticas no solo mejora la disponibilidad de agua para el riego, sino que también fomenta un enfoque más holístico hacia la gestión ambiental, integrando la producción agrícola con la sostenibilidad de los recursos naturales.

Asimismo, la implementación de estos sistemas fomenta la colaboración entre los miembros de la comunidad, creando redes de apoyo y fortaleciendo la resiliencia ante los efectos del cambio climático. La capacidad de trabajar juntos en la gestión del agua refuerza la cohesión social y la capacidad de respuesta ante crisis hídricas.

El fortalecimiento de la resiliencia comunitaria no solo mejora la disponibilidad de agua, sino que también empodera a las familias para enfrentar desafíos ambientales. A través de la educación y la implementación de soluciones sostenibles, las comunidades pueden adaptarse mejor a las condiciones cambiantes y asegurar su bienestar a largo plazo.

Entre las prácticas ambientales que más realizan en sus predios agrícolas, se destaca el uso eficiente del agua, una práctica que tiene una gran significación para los productores

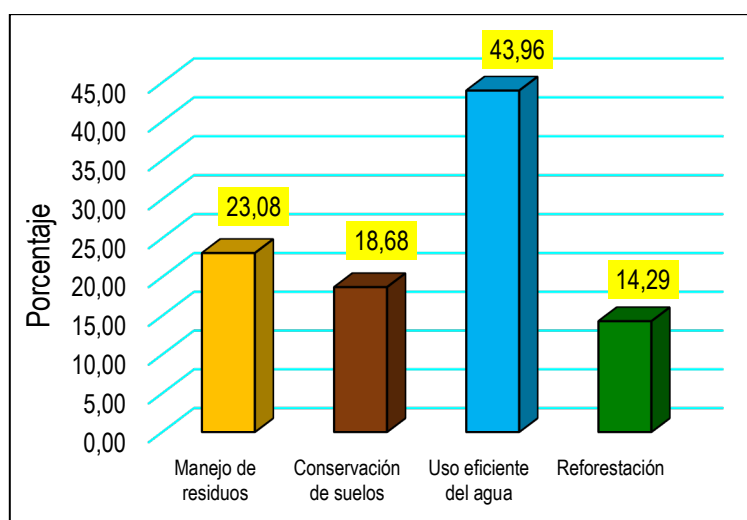
y representa aproximadamente el 44% de importancia; le sigue el manejo de desechos con un 23%; la conservación de suelos con un 19%; y la reforestación con un 14%. Es importante destacar que todas estas medidas se llevaron a cabo gracias a la ayuda técnica proporcionada por las ONG, de la cual la mayoría de los productores se beneficiaron.

Tabla 12:
Prácticas ambientales que realiza

Valor Cualitativo	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Manejo de residuos	9	23,08	23,08
Conservación de suelos	7	18,68	41,76
Uso eficiente del agua	18	43,96	85,71
Reforestación	6	14,29	100,00
Total	40	100,00	

Nota: Elaboración propia en base a cuestionario aplicado a productores de las comunidades de Huayco Grande y Rujero

Gráfico 22:
Prácticas ambientales que realiza



Nota: Elaboración propia en base a cuestionario aplicado a productores de las comunidades de Huayco Grande y Rujero

CONCLUSIONES

La siembra y la cosecha de agua se presenta como una estrategia clave para mitigar los efectos del cambio climático. En lugares donde las lluvias son irregulares e intensas, causando escorrentía y erosión, esta técnica permite capturar y almacenar agua de lluvia. Esta práctica puede mejorar la disponibilidad de agua para riego, aumentar la resiliencia de los cultivos y ayudar a la seguridad alimentaria.

1) Como Estrategia de Adaptación Efectiva a los efectos del Cambio Climático:

- La siembra y cosecha de agua en Bolivia tiene un gran impacto positivo en la seguridad alimentaria, la adaptación al cambio climático y la conservación del medio ambiente. Su enfoque sostenible, que involucra a las comunidades locales y utiliza recursos locales, lo convierte en una estrategia clave para enfrentar los desafíos hídricos del país.
- Proporciona beneficios socioeconómicos y ambientales significativos a la agricultura familiar; aumenta la productividad agrícola, genera ingresos, mejora la seguridad hídrica y mejora la calidad de vida de las familias al fortalecer la organización social.
- A nivel ambiental, contribuye a la conservación de los recursos hídricos, la restauración de los ecosistemas y la lucha contra el cambio climático.
- El uso y manejo de los reservorios de agua familiar en Huayco Grande y Rujero son esenciales para la seguridad alimentaria y el bienestar económico de las familias al aumentar los ingresos y reducir la vulnerabilidad económica.

2) Mejora en la Productividad Agrícola:

- La productividad agrícola aumenta al garantizar el riego adecuado para los cultivos. Esto conduce a cosechas más abundantes y diversificadas, mejorando la dieta y la nutrición de las familias campesinas. La capacidad de cultivar durante todo el año disminuye la dependencia de comprar alimentos en los mercados cercanos.
- Las familias de las comunidades de Huayco Grande y Rujero tienen cultivos más productivos, lo que mejora la seguridad alimentaria y la economía local. Incluso en condiciones climáticas adversas, los agricultores pueden maximizar sus rendimientos gracias a una gestión eficaz del agua.

3) Impacto en la Seguridad Alimentaria:

- Al facilitar el acceso al agua para la agricultura, la cosecha de agua contribuye a mejorar la producción de cultivos esenciales para la alimentación familiar. Esto es crucial en un contexto donde la sequía ha afectado gravemente la producción agrícola en Tarija, poniendo en riesgo la seguridad alimentaria de las comunidades.

- La mejora en la gestión del agua a través de la cosecha de agua, aumenta significativamente la seguridad alimentaria en las comunidades, permitiendo a los agricultores cultivar durante todo el año y reduciendo la dependencia de las lluvias estacionales.
- La diversidad agrícola reduce los peligros de la inseguridad alimentaria. Las comunidades que cultivan una variedad de especies son menos propensas a perder cosechas debido a plagas, enfermedades o condiciones climáticas desfavorables. Esto garantiza un suministro de alimentos más constante, lo que es importante para la alimentación infantil.
- La diversidad en la producción agrícola permite el acceso a una variedad de alimentos ricos en nutrientes. Varios cultivos proporcionan vitaminas, minerales y otros nutrientes esenciales para el crecimiento y desarrollo de los niños. Por ejemplo, las legumbres y frutas ofrecen una amplia variedad de micronutrientes que son esenciales para prevenir deficiencias nutricionales.
- Integrar una mayor diversidad de alimentos en las dietas diarias fomenta hábitos alimentarios más saludables especialmente en los niños. Los programas de alimentación escolar que incluyen productos locales y diversos han demostrado mejorar la nutrición infantil y aumentar la matrícula escolar, creando un ciclo positivo que beneficia tanto a los niños como a sus comunidades.
- La promoción de cultivos locales y la introducción de diversas especies especialmente de hortalizas, puede ayudar a reducir los costos de los alimentos, haciendo que sean más accesibles para las familias.

4) Fortalecimiento de la resiliencia comunitaria:

- Esta práctica fortalece la resiliencia de las comunidades frente a los cambios climáticos, además de beneficiar a los cultivos. Las comunidades se vuelven menos vulnerables a la escasez de agua al diversificar las fuentes de agua y mejorar su gestión.

5) Involucramiento Comunal:

- El éxito de estas iniciativas depende de la participación activa de los agricultores locales, ya que fomenta el sentido de pertenencia y responsabilidad hacia el manejo de los recursos.
- La cohesión social en las comunidades se fortalece cuando las personas trabajan juntas para construir y mantener los reservorios.

6) Aporte de la tesis a la academia:

- Analiza cómo estas técnicas ayudan a la resiliencia y sostenibilidad de la agricultura familiar en las comunidades rurales de Huayco Grande y Rujero (municipio de Uriondo, Tarija, Bolivia) frente al calentamiento global.
- Produce evidencia empírica acerca de las ventajas económicas y productivas que trae consigo la implementación de sistemas de siembra y cosecha agua de lluvia, poniendo en evidencia el incremento de la productividad del campo, la variedad de productos agrícolas y la creación de excedentes para ser comercializados.
- La aplicación del enfoque mixto (cuantitativo y cualitativo), y la utilización de estudio de caso múltiple y técnicas participativas, permiten una comprensión profunda y contextualizada de los procesos de adaptación local.
- Muestra cómo la cosecha de agua es clave para mejorar la seguridad alimentaria local y reducir la vulnerabilidad de los agricultores frente al cambio climático.

7) Aporte de la tesis para los campesinos agricultores de Huayco Grande y Rujero:

- **Mejor disponibilidad y gestión del agua:** La implementación de sistemas de siembra y cosecha de agua permite almacenar volúmenes significativos de agua de lluvia, asegurando su disponibilidad durante los periodos secos lo que reduce la dependencia de riego de los ríos.
- **Incremento en la productividad agrícola:** Disponer de agua para riego durante todo el año posibilita la diversificación de cultivos y de múltiples ciclos de siembra. El estudio ha evidenciado incrementos significativos en los cultivos de papa, maíz, tomate y hortalizas.
- **Seguridad alimentaria fortalecida:** Al aumentar la producción y diversificación de alimentos, las familias pueden garantizar su alimentación todo el año, reduciendo la vulnerabilidad, lo que impacta positivamente en la nutrición y salud especialmente de la niñez.
- **Beneficios económicos:** Los excedentes agrícolas generados gracias a la disponibilidad de agua son comercializados, mejorando así los ingresos familiares y además dinamiza la economía local.
- **Fortalecimiento de capacidades y resiliencia comunitaria:** Los agricultores han desarrollado habilidades técnicas para mantener los sistemas de cosecha de agua y el uso eficiente del agua, así como el adoptar prácticas agrícolas sostenibles.
- **Beneficios ambientales:** Las prácticas agrícolas sostenibles contribuyen a la conservación y mejora del suelo, además de la recuperación de ecosistemas degradados, promoviendo un manejo más sostenible de los recursos naturales.

- 1) **Conciencia ambiental y sostenibilidad:** La adopción de estas técnicas ha impulsado una mayor conciencia sobre el cuidado del agua y el medio ambiente.

RECOMENDACIONES

- Apoyar la transferencia de conocimientos; por lo que se debería establecer programas de capacitación para los agricultores sobre técnicas de siembra y cosecha de agua, así como sobre cómo administrar el recurso hídrico de manera eficiente. Esto incluye clases prácticas para enseñar a las comunidades cómo construir y mantener sistemas de recolección de agua.
- Involucrar a las comunidades en la planificación y ejecución de proyectos relacionados con la siembra y cosecha de agua. Para garantizar que las soluciones se adapten a sus necesidades y circunstancias locales, es fundamental que los agricultores participen activamente.
- Invertir en la construcción y mejora de represas, reservorios, atajados y sistemas de riego para la captación y almacenamiento de agua. Esto mejorará la recolección de agua durante las lluvias.
- Promover prácticas de riego eficiente, como el riego por goteo o técnicas de micro riego, que permiten un uso más efectivo del agua almacenada, optimizando su disponibilidad para los cultivos
- Fomentar la diversificación de cultivos que sean más resistentes a los cambios climáticos. Esto mejora la seguridad alimentaria al mismo tiempo que reduce la dependencia de un solo cultivo y contribuye a la estabilidad económica al diversificar las fuentes de ingreso económico.
- Combinar la cosecha de agua con prácticas agroecológicas, como la conservación del suelo y el uso de cultivos intercalados, para mejorar la salud del ecosistema y aumentar la resiliencia frente al cambio climático.
- Implementar iniciativas para fortalecer la resiliencia de las comunidades frente a los efectos del cambio climático, como la creación de redes de apoyo entre agricultores para compartir recursos y conocimientos.
- Fortalecer la resiliencia comunitaria para que las familias de las comunidades puedan adaptarse y mejorar su seguridad alimentaria a través de programas que fomentan la siembra y cosecha de agua y la diversificación de cultivos.
- Implementar políticas que permitan a la agricultura familiar adaptarse a los efectos del cambio climático, así como llevar a cabo estrategias que promuevan la sostenibilidad

y la resiliencia, como la conservación de recursos hídricos y la promoción de cultivos resistentes al clima.

- Apoyar la implementación de políticas gubernamentales que fomenten la adopción de tecnologías de recolección de agua y mejoras en la infraestructura hídrica, brindando recursos y apoyo técnico a las comunidades rurales. Esto incluye el acceso a financiamiento para proyectos de infraestructura hídrica y la promoción de tecnologías apropiadas.
- Adoptar un enfoque integral que tenga en cuenta las realidades sociales y económicas de las comunidades rurales, promoviendo la equidad y la justicia social en las políticas de adaptación y mitigación. Esto no solo ayudará a las comunidades en el presente, sino que también garantizará su sostenibilidad y bienestar en el futuro.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, A., Belaunde, L., Boesten, J., de la Cadena, M., Gud, E., Pariona, T., . . . Rodríguez, M. (2020). *Indigenous Women & Climate Change*. Perú: Rocío Silva Santisteban.
- Alarcón, J. C. (2021). *Agricultura familiar para afrontar la crisis climática*. La Paz: PBFCC - Plataforam Boliviana Frente al Cambio Climático.
- Altieri, M. A. (2013). Construyendo resiliencia socio-ecológica en agroecosistemas: algunas consideraciones conceptuales y metodológicas. En C. R. Nicholls, *Agroecología y resiliencia socio-ecológica: adaptándose al cambio climático* (págs. 94-105). Medellín, Colombia: REDAGRES/SOCLA.
- Álvarez Díaz, C., Ayala Bluske, R., Aguilar Guerrero, R., Rojo Gómez, J., Sampedro Caral, N., Cacho Taeño, E., . . . Pereira Fuentes, D. (2021). *Índice de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en la ciudad de Tarija, Bolivia*. Tarija: CAF - Corporación Andina de Fomento.
- Alvarez-Gayou Jurgenson, J. (2003). *Cómo hacer investigación cualitativa. Fundamentos y metodología*. México: PAIDOS.
- APMT. (2023). *Mapa Nacional de Vulnerabilidad Actual al Cambio Climático 2022*. La Paz: Autoridad Plurinacional de la Madre Tierra con el apoyo del Proyecto Biocultura y Cambio Climático.
- Araque Arellano, M., Váscquez, M., Mancheno, A., Álvarez, C., Prehn, C., Cevallos, C., & Ortiz, L. (2019). *Cuencas Hidrográficas*. Cuenca-Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana.
- Arenas, J. C. (2014). *La economía del cambio climático en Bolivia: Impactos de eventos extremos sobre infraestructura y producción agropecuaria*. Washington, DC.: C.E. Ludeña y L. Sanchez-Aragon (eds). Banco Interamericano de Desarrollo. Monografía No. 190.
- Arias, F. (2012). *El Proyecto de Investigación. Introducción a la metodología científica*. 6^a Edición. Caracas - República Bolivariana de Venezuela: Episteme.
- Arnez Peñaloza, M., Laime, M. S., Ríos Gómez, G., Arroyo Garzón, R., & Figueroa Ríos, M. (2018). *Estrategia de Gestión del Recurso Agua en el Municipio de Uriondo*. Tarija - Bolivia.
- Ataide, S. (17 de Febrero de 2021). *La construcción de proyectos migratorios. Un estudio a partir de casos de migrantes tarijeños y tarijeñas con destino al Noroeste argentino - Instituto de Investigaciones en Ciencias Sociales y Humanidades (ICSOH), Argentina*.

Obtenido de SciELO:
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-89062020000100115

Bartram, J., & Cairncross, S. (9 de Noviembre de 2010). *Higiene, saneamiento y agua: fundamentos olvidados de la salud*. Obtenido de PLoS Med: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21085694/>

Bates, B., & et al. (2008). *El Cambio Climático y el Agua. Documento técnico VI del IPCC. Secretaría del IPCC*. OMM-PNUMA.

BID. (2014). *El Cambio Climático y el BID: Creación de Resiliencia y Reducción de Emisiones. Oficina de Evaluación y Supervisión, OVE*. Washington D.C.: Banco Interamericano de D desarrollo. Oficina de Evaluación y Supervisión (OVE).

BID. (2021). *Cómo el cambio climático empeora la pobreza y la desigualdad*. Obtenido de <https://blogs.iadb.org/ideas-que-cuentan/es/como-el-cambio-climatico-empeora-la-pobreza-y-la-desigualdad/>: Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

Caballero, M., Lozano, S., & Ortega, B. (2007). Efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático: Una perspectiva desde las ciencias de. *Revista Digital Universitaria - Universidad Nacional Autónoma de México*, 11.

CAF. (2014). *Índice de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en la región de América Latina y el Caribe*. Caracas, Venezuela. RObtenido de <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/517>: CAF.

Camargo, C., & al., e. (2017). *Erosión hídrica, fundamentos, evaluación y representación cartográfica: una revisión con énfasis en el uso de sensores remotos y Sistemas de Información Geográfica*. Mérida-Venezuela: Departamento Ordenación de Cuencas, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad de Los Andes.

CEPAL. (2014). *La economía del cambio climático en Bolivia. Impactos de eventos extremos sobre infraestructura y producción agropecuaria*. Bolivia: Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

CEPAL-IICA-FAO. (2011). *Agricultura y cambio climático: Instituciones, políticas e innovación. Memoria del Seminario Internacional realizado en Santiago los días 10 y 11 de noviembre de 2010*. Santiago, Chile: CEPAL.

Chilón Camacho, E. (2011). *Tecnologías ancestrales y reducción de riesgos del cambio climático. Terrazas precolombinas Taqanas Quillas y Wachus. Segunda Parte*. La Paz - Bolivia: PROMARENA (Proyecto de Manejo de Recursos Naturales).

- CIPCA. (2023). *Estrategias de manejo sostenible del agua en comunidades rurales bolivianas*. La Paz - Bolivia: Centro de Investigación y Promoción del Campesinado (CIPCA).
- Cortez, G. (17 de Noviembre de 2016). *Falta de agua en Bolivia*. Obtenido de Plataforma Semiáridos. América Latina: <https://www.semiaridos.org/noticias/falta-agua-bolivia/>
- DAPRO. (2020). *Estado Productivo del Municipio de Uriondo*. La Paz: MINISTERIO DE DESARROLLO PRODUCTIVO Y ECONOMÍA PLURAL.
- Durán Valsero, J. (2022). *La siembra de agua, una técnica milenaria eficaz para enfrentarse a la sequía*. iagua - Obtenido de <https://www.iagua.es/blogs/juan-jose-duran-valsero/siembra-agua-tecnica-milenaria-eficaz-enfrentarse-sequia>.
- El País. (10 de 07 de 2024). Migración en Tarija: Los municipios rurales se quedan sin población juvenil. *El País*, págs. Obtenido de https://elpais.bo/tarija/20241007_migracion-en-tarija-los-municipios-rurales-se-quedan-sin-poblacion-juvenil.html.
- Estrada Zuñiga, A. C., Cárdenas Rodríguez, J., Ñaupari Vásquez, J., & Zapana Pari, J. G. (2018). Capacidad de carga de pastos de puna húmeda en un contexto de cambio climático. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 8.
- Expósito Verdejo, M. (2003). *Diagnóstico Rural Participativo. Una guía práctica*. Santo Domingo. República Dominicana: Centro Cultural Poveda.
- FAO. (2012). *Definición de resiliencia en el contexto agrícola y alimentario*. Organización para la Alimentación y la Agricultura (FAO).
- FAO. (2013). *Afrontar la escasez de agua. Un marco de acción para la agricultura y la seguridad alimentaria. Informe sobre temas hídricos No. 38*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO.
- FAO. (2013). *Building resilience for adaptation to climate change in the agriculture sector*. Roma: Food and Agriculture Organization (FAO).
- FAO. (2013). *Captación y almacenamiento de agua de lluvia. Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe*. Santiago - Chile: ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA - FAO. OFICINA REGIONAL DE LA FAO PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE.
- FAO. (2016). *El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo 2016*. Roma - Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

- FAO. (2017). *Agua para una alimentación y una agricultura sostenibles*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).
- FAO. (2018). *Cambio climático y seguridad alimentaria y nutricional. América Latina y el Caribe (gestión del riesgo de desastres en el sector agrícola)*. Santiago: FAO.
- FAO. (2018). *El estado de los bosques del mundo 2018 (SOFO 2018)*. Washington D.C.: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).
- FAO. (2018). *La agricultura climáticamente inteligente*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).
- FAO. (2018). *Resilient agricultural livelihoods in the face of climate change*. Roma: Food and Agriculture Organization (FAO).
- FAO. (2020). *Centro de conocimientos sobre agroecología. Economía circular y solidaria*. Obtenido de Centro de conocimientos sobre agroecología. Economía circular y solidaria: https://www.fao.org/agroecology/knowledge/10-elements/circular-economy/es/?ipp=5&page=28&tx_dynalist_pi1%5Bpar%5D=YToxOntzOjE6IkwiO3M6MToiNSI7fQ%3D%3D
- FAO. (2020). *El estado de la agricultura y la alimentación: Superar los desafíos del agua en la agricultura*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).
- FAO. (2021). *Cambio climático y seguridad alimentaria*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).
- FAO. (2021). *Instrumento para la evaluación del desempeño agroecológico (TAPE) - Proceso de desarrollo y directrices para la aplicación. Versión de prueba*. Roma: FAO <https://doi.org/10.4060/ca7407es>.
- FAO. (2022). *Evaluación de los recursos hídricos en América Latina y el Caribe*. Santiago - Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).
- FAO. (2023). *Agricultura familiar en América Latina y el Caribe*. Santiago - Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).
- FAO. (2023). *Transformar los sistemas agroalimentarios para la adaptación y mitigación*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).
- FAO, CEPAL y ALADI. (2016). *Portal de seguridad alimentaria*. Obtenido de ALADI: https://www2.aladi.org/boletin/espanol/2016/EneroAbril/Proceso6_04.htm
- FIDA. (2023). *Bolivia (Estado Plurinacional de)*. La Paz: FIDA.

- FONTAGRO. (2015). *Lecciones sobre adaptación al cambio climático de la agricultura familiar en América Latina y el Caribe*. Washington D.C.: FONTAGRO.
- Foro Peruano para el agua. (2011). *Contribuyendo al desarrollo de una Cultura del Agua y la Gestión Integral de Recurso Hídrico*. Lima-Perú.
- Francis, C., Lieblein, G., Gliessman, S., Breland, T., Creamer, N., Harwood, R., . . . Poincelot, .. (2003). Agroecology: the ecology of food systems. *Journal of Sustainable Agriculture*.
- Fundación AQUAE. (2014). *La importancia del agua y sus funciones en los seres vivos*.
- Fundación TIERRA. (2022). *Diagnóstico hídrico y desafíos en la gestión del agua en el Valle Central de Tarija*. Santa Cruz - Bolivia: Fundación TIERRA.
- Fundación TIERRA. (2022). *Fundación TIERRA (2022). Análisis de sequías y variabilidad climática en Bolivia*. Santa Cruz - Bolivia: Fundación TIERRA.
- GACETA OFICIAL DEL ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA. (2022). *Compendio de Leyes del Estado Plurinacional de Bolivia*. La PAZ.
- GAD Tarija. (2020). *Plan Departamental de Gestión del Riesgo y Adaptación al Cambio Climático (2021-2025)*. Tarija - Bolivia: GAD Tarija.
- GAD Tarija. (2021). *Plan Departamental del Agua de Tarija. "Agua para Todos y para Siempre"*. Tarija: Gobierno Departamental de Tarija.
- GAD TARIJA. (2021). *Plan Territorial de Desarrollo Integral 2021 - 2025 del departamento de Tarija. Tomos 1 y 2*. Tarija: GAD Tarija.
- GAD TARIJA. (2023). *Estrategia de Gobernanza del Agua. Plataforma Interinstitucional de la cuenca del río Guadalquivir (PICG). Primera Versión*. Tarija: GAD Tarija.
- Galindo, L., & et al. (2015). Estudios del cambio climático en América Latina. *EUROCLIMA - CEPAL*, 39.
- GAM URIONDO. (2016). *Plan Territorial de Desarrollo Integral 2016 - 2020. Municipio de Uriondo*. Tarija: GAM Uriondo.
- GAM URIONDO. (2021). *Plan Territorial de Desarrollo Integral 2021 - 2025. Municipio de Uriondo*. Tarija: GAM Uriondo.
- GAM URIONDO. (2023). *Ajuste al Plan de Acción Climática. Municipio de Uriondo 2023-2028*. Tarija: GAM Uriondo.

- García Encinas, L., & Mirabal Cano, L. (2021). *Agricultura y cambio climático, ¿cómo se vinculan en Bolivia y en el mundo?* La Paz: UCB - Instituto de Investigaciones Socio - Económicas.
- Geilfus, F. (2009). *80 Herramientas para el desarrollo participativo. Diagnóstico, Planificación, Monitoreo y Evaluación*. San José. Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).
- Goetter, J., & Picht, H. (2015). *Adaptación al cambio climático. Cosecha de agua de lluvia con atajados en Bolivia*. Potosí - Bolivia: GTZ. PROAGRO; GTZ. Red Sectorial Gestión Ambiental y Desarrollo Rural América Latina y Caribe.
- Hendriks, J. (2019). La cosecha de agua. Una aliada de la agricultura familiar. *LEISA revista de Agroecología*.
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. (2018). *Metodología de Investigación: Las rutas Cuantitativa, Cualitativa y Mixta*. México: McGraw-Hill Interamericana, SA de CV.
- Hidalgo, M. (2013). *La Influencia del Cambio Climático en la Seguridad Alimentaria*.
- HLPE. (2017). *La nutrición y los sistemas alimentarios. Un informe del Grupo de alto nivel de expertos en seguridad alimentaria y nutrición del Comité de Seguridad Alimentaria Mundial*. Roma: HLPE.
- Hoffmann, D. (2012). *Los impactos del cambio climático en Bolivia*. Bolivia: PROAGRO-GTZ.
- Hoffmann, D. (2014). *Incremento de la frecuencia de eventos El Niño extremos debido al calentamiento global*. La Paz: Blog Cambio Climático Bolivia. Fundación Instituto Boliviano de la Altura-BMI.
- Hoffmann, D. (2016). El "Súper-El Niño" en Bolivia. Fundación Instituto Boliviano de la montaña IBM. *Cambio climático Bolivia*. Obtenido de https://cambioclimatico-bolivia.org/index-cc.php?cod_aporte=358, 3.
- Hoffmann, D. (2 de Junio de 2020). *CAMBIO CLIMÁTICO BOLIVIA*. Obtenido de Cambio Climático Bolivia: https://cambioclimatico-bolivia.org/index-cc.php?filtros=2&cod_aporte=399
- IFPRI. (2009). *Cambio Climático. El impacto en la agricultura y los costos de adaptación*. Washington, D.C.: IFPRI Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias.
- IHAUC. (2021). *Índice de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en la ciudad de Tarija, Bolivia. por el Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria*. Caracas: CAF. Obtenido de <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1815>.

- INE. (2012). *Censo de Población y Vivienda*.
- INFOBAE. (2022). *Cuáles son los beneficios y cómo cosechar el agua de lluvia*. México: INFOBAE - <https://www.infobae.com/america/mexico/2022/02/24/cuales-son-los-beneficios-y-como-cosechar-el-agua-de-lluvia/>.
- INIA. (2018). *Cambio climático y su impacto en la agricultura. Serie Técnica, 235*. Montevideo - Uruguay: Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA).
- IPCC. (2001). *IPCC Tercer Informe de Evaluación. Anexo B del Informe de síntesis Cambio climático 2001 del IPCC*. Ginebra - Suiza: Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC).
- IPCC. (2007). *Cuarto Informe de Evaluación: Cambio climático 2007 – Impactos, adaptación y vulnerabilidad*. Ginebra - Suiza: Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC).
- IPCC. (2014). *Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Ginebra, Suiza: Organización Meteorológica Mundial.
- IPCC. (2014). *Glosario [Mach, K.J., S. Planton y C. von Stechow (eds.)]. En: Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Ginebra Suiza: IPCC.
- IPCC. (2018). *Anexo I: Glosario [Matthews J.B.R. (ed.)]. En: Calentamiento global de 1,5 °C, Informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales y las trayectorias correspondientes*. Ginebra, Suiza: IPCC.
- IPCC. (2019). *El cambio climático y la tierra: un informe especial del IPCC*. Ginebra - Suiza: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC).
- IPCC. (2022). *Informe del IPCC sobre los impactos climáticos, adaptación y vulnerabilidad*. Suiza: IPCC.
- Laura Barrón, R., & Delgado Cameo, M. (2016). *Impacto en la Seguridad Alimentaria en Comunidades Andinas por el Cambio Climático*. La Paz: Observatorio del Derecho a la Alimentación de América Latina y el Caribe.
- León, M. (2010). *Aproximaciones a las condiciones en que vive la mujer del área rural de Tarija en el marco de los objetivos de desarrollo del Milenio. Serie: Cuaderno de*

- trabajo No. 14. Pobreza rural y mujeres. Estudio en 3 municipios de Tarija.* La Paz - Bolivia: Red Boliviana de Mujeres Transformando la Economía - REMTE.
- Llambí, L., & Garcés, A. (2020). *Adaptación al cambio climático en los Andes: Vacíos y prioridades para la gestión del conocimiento.* Quito-Ecuador: CONDESAN.
- Martínez Miguélez, M. (2006). *Ciencia y arte en la metodología cualitativa.* España: Trillas.
- Martos-Rosillo, S., & Durán Valsero, J. (2022). *Siembra y Cosecha de Agua en Iberoamérica.* Madrid - España: Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo - AECID.
- Martos-Rosillo, S., & et al. (2019). *La Siembra y Cosecha del Agua en Iberoamérica; un sistema ancestral de gestión del agua que utiliza Soluciones Basadas en la Naturaleza.* Obtenido de <https://www.icog.es/TyT/index.php/2020/02/la-siembra-y-cosecha-del-agua-en-iberoamerica-un-sistema-ancestral-de-gestion-del-agua-que-utiliza-soluciones-basadas-en-la-naturaleza/>
- MDPyEP. (2023). *Caracterización del Desarrollo Productivo del Departamento de Tarija.* La Paz: Ministro de Desarrollo Productivo y Economía Plural. Unidad de Comunicación Social.
- MDRyT. (2012). *Análisis y Mapeo de la Vulnerabilidad a la Inseguridad Alimentaria (VAM) en Bolivia 2012.* La Paz: MDRyT.
- MDRyT. (2017). *Boletín agroclimático plurinacional N°6, noviembre 2017.* La Paz: Observatorio Agroambiental y Productivo. Unidad de Contingencia Rural SAT Agro MDRyT.
- MDRyT. (2023). *Informe sobre cobertura de riego en la agricultura familiar boliviana.* La Paz - Bolivia: Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras (MDRyT).
- METEOBLUE. (2023). Obtenido de METEOBLUE : https://www.meteoblue.com/es/climate-change/tarija_bolivia_3903320
- MINISTERIO DE DESARROLLO AGRARIO Y RIEGO DEL PERÚ. (2022). *Lineamientos para la Formulación y Evaluación de Proyectos.* Lima - Perú: MINISTERIO DE DESARROLLO AGRARIO Y RIEGO.
- MMAYA - APMT. (2021). *Contribución Nacionalmente Determinada (CND) del Estado Plurinacional de Bolivia. Actualización de las CND para el periodo 2021-2030 en el marco del Acuerdo de París.* La Paz: MMAYA - APMT.

- MMAyA. (2014). *Estudio T.E.S.A. Proyecto: "Construcción Sistema de Riego Laderas Sud Municipio de Uriondo Departamento de Tarija"*. La Paz - Bolivia: Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA).
- MMAyA. (2020). *Informe Nacional sobre Degradación de Suelos y Recursos Hídricos*. La Paz - Bolivia: Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA).
- MMAyA. (2023). *Informe Nacional sobre el Estado del Agua en Bolivia*. La Paz - Bolivia: Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA).
- Molina Tejerina, O. (2014). *El impacto de los cambios climáticos sobre la salud en Bolivia: Estimación de costos y beneficios hasta el 2100. Development Research Working*. La Paz - Bolivia: Institute for Advanced Development Studies (INESAD).
- Mongil Manso, J., & Martínez de Azagra Paredes, A. (2007). *Técnicas de recolección de agua y oasificación para el desarrollo de la agricultura y la restauración forestal en regiones desfavorecidas*. Granada-España: Universidad de Granada.
- Morales, M., & Orlandini, I. (2002). *Atajados en Tarija. Experiencia de IICCA*. Tarija: IICCA - Instituto de Investigación y Capacitación Campesina.
- MPD. UDAPE y UNFPA. (2015). *Vulnerabilidad poblacional al riesgo de desastres en Bolivia*. La Paz, Bolivia: Greco SRL.
- NATIVA. (2014). *La Política Departamental de Cambio Climático de Tarija*. Tarija: Naturaleza Tierra y Vida (NATIVA) Disponible en: <https://nativabolivia.org/la-politica-departamental-de-cambio-climatico-de-tarija/>.
- OBSERVATORIO AGROAMBIENTAL Y PRODUCTIVO. (2022). *Boletín de Seguimiento a Fenómenos Climáticos Adverso Mediante Análisis de Imágenes Satelitales*. La Paz - Bolivia: OAP – MDRyT.
- OCDE. (2015). *Manual de Frascati 2015. Guía para la recopilación y presentación de información sobre la investigación y el desarrollo experimental*. Madrid: : Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, FECYT.
- OCHA. (2017). *Sequía y cambio climático agravan la producción agropecuaria en oriente y occidente (Oficina de las Naciones Unidas para la Coordinación de Asuntos Humanitarios)*. OCHA Services.
- OIT. (2019). *Diversificación económica de la economía rural*. Obtenido de https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_dialogue/---sector/documents/publication/wcms_437215.pdf.

- OMS. (2017). *Directrices para la calidad del agua potable. 4ta. Edición*. Ginebra - Suiza: Organización Mundial de la Salud (OMS) .
- ONU. (2015). *Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Objetivos de Desarrollo Sostenible*. ONU.
- Pardo Buendía, M. (2007). El impacto social del Cambio Climático. *Panorama Social*, 15.
- Pasig, R., Pelaez, D., & Mealla, D. (2020). *Determinación de las principales áreas de recarga de agua subterránea en el Valle Central de Tarija*. La Paz - Bolivia: Unidad de Comunicación GIZ/PERIAGUA.
- Pearce, T., Ford, J., Prno, J., Duerden, F., Pittman, J., & Beaumier, M. (2010). *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change. Climate change and mining in Canada*. Canadá.
- PNUD. (2011). *Tras las huellas del cambio climático en Bolivia Estado del arte del conocimiento sobre adaptación al cambio climático Agua y seguridad alimentaria*. La Paz: PNUD.
- PNUD. (2021). *Migración y Vulnerabilidad Socioambiental en el Chaco Boliviano*. La Paz - Bolivia: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) .
- PNUD. (30 de Enero de 2024). *¿Qué es la adaptación al cambio climático y por qué es crucial?* Obtenido de <https://climatepromise.undp.org/es/news-and-stories/que-es-la-adaptacion-al-cambio-climatico-y-por-que-es-crucial>:
<https://climatepromise.undp.org/es/news-and-stories/que-es-la-adaptacion-al-cambio-climatico-y-por-que-es-crucial>
- PNUMA. (2016). *Perspectivas del Medio Ambiente Mundial*. Nairobi - Kenia: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).
- PROAGRO - GTZ. (2011). *Adaptación al Cambio Climático: Cosecha de Agua de Lluvia con "Atajados" en Bolivia*. La Paz: GADeR-ALC.
- PROAGRO. (2017). *Sembrar y cosechar agua ayuda a combatir el cambio climático en Bolivia*. Sucre: PROAGRO - ONG Promotores Agropecuarios.
- PROCUENCA/GIZ. (2022). *Plataforma Interinstitucional de la Cuenca del río Guadalquivir. 2022. Plan Director de la Cuenca del río Guadalquivir. Programa Plurianual 2021 – 2025*. Tarija: Ministerio de Medio Ambiente y Agua. Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego. PROCUENCA/GIZ.

- Proyecto DAKI. (21 de Marzo de 2023). *¿Qué es Agricultura Resiliente al Cambio Climático?* Obtenido de Daki Semiárido Vivo: <https://semiaridovivo.org/es/que-es-agricultura-resiliente-al-cambio-climatico/>
- Rendón Díaz Mirón, L., & Hidalgo Toledo, J. (2003). LA CUENCA: un elemento vital en la respuesta a la crisis del agua. Obtenido de [revistaciencia.amc.edu.mx: https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/54_1/la_cuenca_agua.pdf](https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/54_1/la_cuenca_agua.pdf)
- Román-Montes de Oca, E., Licea-Resendiz, J., & Romero-Torres, F. (18 de Enero de 2021). *Diversificación de ingresos de los productores como estrategias de desarrollo rural*. Obtenido de Entramado vol.16: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1900-38032020000200126&script=sci_arttext
- RUMBOS. (2 de Junio de 2021). Siembra y cosecha de agua: una antigua estrategia para enfrentar el cambio climático. *RUMBOS-Revista Digital*. Obtenido de <https://www.rumbosdelperu.com/ambiente/02-06-2021/siembra-y-cosecha-de-agua/>.
- Sanchez San Román, J. (2001). Obtenido de Evapotranspiración. Conceptos de evapotranspiración: <https://hidrologia.usal.es/temas/Evapotransp.pdf>
- Santa Cruz Cárdenas, Y., Ordóñez Sánchez, P., Camiloaga Jiménez, F., & Jacobo Huamaní, U. (2008). *Cosecha de agua, una práctica ancestral. Manejo sostenible de las praderas naturales*. Arequipa-Perú: DESCO.
- Secretaría de la CIPF. (2021). *Revisión científica del impacto del cambio climático en las plagas de las plantas. Un desafío mundial en la prevención y la mitigación de los riesgos de plagas en la agricultura, la silvicultura y los ecosistemas*. Roma: FAO Secretaría de la CIPF. Obtenido de <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/7aa515bf-b8e6-426f-9d84-261415bf06e5/content>.
- SEMATA; FONAMA. (2000). *Cartilla de Uso y Manejo del Agua de Lluvia*. La Paz. La Paz: FONAMA.
- SENAMHI. (2019). *Estadísticas Climáticas de las Cuencas de Tarija*. La Paz: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI).
- SENAMHI. (2023). *Estadísticas climáticas*. La Paz - Bolivia: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (Senamhi).
- SENAMHI-MMAyA-MDRyT-VIDECI. (2022). *Reporte Nacional de Sequías de Bolivia*. La Paz - Bolivia: Servicio Nacional de Metereología e Hidrología.

- Sierra Praeli, Y. (4 de Octubre de 2023). Obtenido de MONGABAY, Periodismo ambiental independiente en Latinoamérica: <https://es.mongabay.com/2023/10/bolivia-municipios-se-han-declarado-en-desastre-por-sequia/>
- Soliz, F., & Maldonado, A. (2013). *Guía de metodologías comunitarias participativas*. Quito. Ecuador.
- Spickenbom, J., & Quintanilla, M. (2016). *Atlas Socioambiental de las Tierras Bajas y Yungas de Bolivia*. La Paz: Blog Cambio Climático Bolivia. Fundación Instituto Boliviano de la Montaña-BMI.
- Sterling, T., & Hernández-Rios, I. (2005). Obtenido de La Transpiración - Movimiento del Agua a Través de las Plantas: <https://passel-old.unl.edu/pages/printinformationmodule.php?idinformationmodule=1123617035>
- The World Bank. (2015). *Bolivia: Challenges and Constraints to Gender Equality and Women's Empowerment*. Bolivia: The World Bank.
- Tonolli, A., Fruitos, A., Elizagaray, P., Arcos, C., Romero, V., & Laparra, C. (Septiembre de 2018). El agua en el desierto. Fortalecimiento de la infraestructura hídrica campesina en el noreste de Mendoza, Argentina. *El agua en la agricultura familiar campesina. Volumen 34, No. 3*. Lima, Perú: LEISA revista de agroecología.
- Torrico Albino, J. (2021). *Escenarios climáticos para Bolivia. Basado en escenarios de emisión RCP y Modelos de Circulación Global*. La Paz: Instituto Agrario Bolivia.
- Úbeda Rivera, J., & Delgado Dallatorre, Y. (2018). La infiltración del agua en los suelos y componentes artificiales y materia orgánica que se utilizan en ellos para la agricultura. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 8.
- UCSUSA. (6 de Junio de 2022). *¿Qué es la resiliencia climática?* Obtenido de Recursos: <https://es.ucsusa.org/recursos/que-es-la-resiliencia-climatica>
- UDAPE. (2016). *Vulnerabilidad Poblacional al Riesgo de Desastres en Bolivia*. La Paz-Bolivia: Ministerio de Planificación del Desarrollo.
- UICN, IIED. (2015). *Enfoques de adaptación basada en ecosistemas. Fortalecer la evidencia y generar información para las políticas*. Nueva York, Estados Unidos: UICN.
- UN Water. (2018). *Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo*. Ginebra - Suiza: United Nations. UN Water.
- UNDRR (2015). Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030. (2015). *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030*. Ginebra - Suiza: United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR).

- UNESCO. (2010). *Procesos de erosión - sedimentación en cauces y cuencas. Volumen 1. Documentos Técnicos del PHI-LAC, N° 22. Daniel Brea, Francisco Balocchi.* Montevideo, Uruguay: UNESCO.
- UNFCC. (1992). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.* Nueva York, EEUU: Naciones Unidas.
- UNFCCC. (2003). *Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Secretaría sobre el Cambio Climático (UNFCCC). 2003. Climate Change: 2001. "Assessment report and current activities under the UN Framework Convention on Climate Change".* . Bonn - Alemania: PNUMA.
- Vargas, M. (2023). *Agua: un recurso determinante para la seguridad alimentaria.* La Paz - Bolivia: CIPCA - Centro de Investigación y Promoción del Campesinado.
- VIDECL. (2016). *Análisis de ocurrencia de eventos adversos de Bolivia.* La Paz, Bolivia: Viceministerio de Defensa Civil, Ministerio de Defensa.
- Vuille, M. (2013). *El Cambio Climático y los Recursos Hídricos en los Andes Tropicales.* Banco Interamericano de Desarrollo. Unidad de Salvaguardias Ambientales.
- WFP. (2024). *WFP Bolivia Country Brief, August 2024.* La Paz: World Food Programme.
- WWAP. (2019). *WWAP. (2019). Informe Mundial de Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019. NO DEJAR A NADIE ATRÁS.* México: NNUU.

ANEXOS

Anexo 1.

CUESTIONARIO SOBRE LA VALORACIÓN DEL IMPACTO DE LAS TÉCNICAS DE SIEMBRA Y COSECHA DE AGUA DE LLUVIA

El propósito del cuestionario es determinar el impacto del programa de siembra y cosecha de agua en el desarrollo económico local de la Provincia Urondo.

Instrucciones: Para conocer su opinión sobre el tema de estudio, debe elegir (x) una opción de respuesta y responder honestamente a cada afirmación planteada.

Sección 1: Datos Demográficos

1. Edad: _____
2. Género:
 - Masculino
 - Femenino
3. Nivel educativo:
 - Ninguno
 - Primaria
 - Secundaria
 - Superior
4. Años de experiencia en agricultura: _____

Sección 2: Conocimiento sobre Técnicas de Cosecha de Agua

5. ¿Conoce usted el sistema de cosecha de agua de lluvia?
 - Sí
 - No
6. ¿Cuáles de las siguientes técnicas ha utilizado? (Marque todas las que apliquen)
 - Ninguna
 - Estanques
 - Atajados/Reservorios
 - Represas
 - Otros: _____
7. En una escala del 1 al 5, ¿qué tan bien informado está sobre las técnicas de cosecha de agua de lluvia?
 - 1 - Muy poco informado
 - 2 - Poco informado
 - 3 - Neutral
 - 4 - Bien informado
 - 5 - Muy bien informado

8. ¿Cuánto agua de lluvia logra almacenar en promedio durante la temporada de lluvias?
- Menos de 1000 litros
 - 1000-5000 litros
 - 5000-10000 litros
 - Más de 10000 litros
9. ¿Qué obstáculos ha enfrentado al implementar las técnicas de siembra y cosecha de agua?
- Falta de recursos
 - Falta de conocimiento técnico
 - Resistencia comunitaria
 - Otros: _____
10. ¿Qué cambios ha notado en la biodiversidad de su entorno agrícola desde la implementación del programa?
- Aumento
 - Disminución
 - Sin cambios

Sección 3: Percepción de Efectividad

N°	Pregunta	Muy poco	Poco	Regular	Alto	Muy alto
Impacto de las acciones de siembra y cosecha de agua						
11	¿Se tomaron medidas para aumentar la disponibilidad de agua en las cuencas de la provincia Uriondo?					
12	¿Cómo ha cambiado la disponibilidad de agua para riego de su comunidad desde que se implementó el programa de siembra y cosecha de agua?					
13	¿Con qué frecuencia usa métodos de cosecha de agua de lluvia?					
14	¿De qué manera ha mejorado la productividad de sus cultivos desde que comenzó a utilizar métodos de cosecha de agua?					
15	¿Debido a la mayor disponibilidad de agua, ha podido aumentar o diversificar sus cultivos?					
16	¿En la Provincia Uriondo, la vulnerabilidad de los productores a la sequía ha disminuido?					

N°	Pregunta	Muy poco	Poco	Regular	Alto	Muy alto
Impactos Socioeconómicos						
17	¿Cómo la cosecha de agua ha mejorado la calidad y el valor comercial de sus productos agrícolas?					
18	¿Ha notado un aumento en los ingresos de su hogar desde que cosecha agua de lluvia?					
19	¿Considera que cosechar agua para riego de sus cultivos ha contribuido a mejorar la seguridad alimentaria de su familia?					
20	¿Ha generado el programa nuevas oportunidades de empleo o ingresos en su comunidad?					

Sección 5:

Opiniones y Sugerencias

21. ¿Se han notado beneficios adicionales en su comunidad debido a la implementación del programa?

- Respuesta abierta:

22. ¿De qué manera ha cambiado la gente su percepción sobre la gestión del agua desde la implementación de las técnicas de cosecha de agua?

- Respuesta abierta:

23. ¿Qué obstáculos o desafíos ha enfrentado al implementar las técnicas de siembra y cosecha de agua?

- Respuesta abierta:

24. ¿Qué mejoras sugeriría para las técnicas de cosecha de agua de lluvia en su comunidad?

- Respuesta abierta:

25. ¿Cree que estas acciones de cosecha de agua serán sostenibles a largo plazo en su comunidad?

- Respuesta abierta:

Anexo 2.**GUÍA PARA ENTREVISTA A LAS AUTORIDADES SOBRE LA COSECHA DE AGUA EN LAS COMUNIDADES DE HUAYCO GRANDE Y RUJERO DEL MUNICIPIO DE URIONDO**

1. ¿Ha notado sobre la escasez del recurso hídrico en las comunidades de Huayco Grande y Rujero?
2. ¿Tiene conocimiento sobre estructuras para el almacenamiento y distribución de la Cosecha de agua?
3. ¿Cuáles son los beneficios esperados de implementar técnicas de cosecha de agua en la agricultura familiar?
4. ¿Ud. cree que con esta propuesta de cosecha de agua va a mejorar la calidad de vida de los pobladores?
5. En relación al tema ambiental, ¿la propuesta de cosecha de agua afectara a la naturaleza o a los cuerpos de agua de algún modo?
6. ¿Considera Ud. que con la cosecha de agua se incrementara la cantidad de agua en las comunidades de Huayco Grande y Rujero?
7. ¿Qué desventajas o desafíos ha observado en la adopción de estas prácticas?
8. ¿Cómo impacta el acceso al agua en la producción agrícola familiar en su municipio?
9. ¿Qué medidas se están tomando para capacitar a los agricultores en el uso eficiente del agua?
10. ¿Qué tipo de apoyo o recursos considera necesarios para facilitar la implementación efectiva de estas prácticas?
11. ¿Existen programas o políticas municipales que promuevan la siembra y cosecha de agua? Si es así, ¿cuál ha sido su impacto hasta ahora?
12. ¿Cómo se planea integrar la cosecha de agua en las políticas municipales de desarrollo rural?
13. ¿Qué apoyo se brindará a los agricultores para la implementación de infraestructuras de cosecha de agua?
14. ¿Cuáles son los principales desafíos que enfrenta el municipio en la implementación de estas técnicas?
15. ¿Cómo se abordarán los posibles conflictos por el uso del agua entre diferentes comunidades?
16. ¿Qué medidas se están considerando para mitigar los riesgos asociados con cambios climáticos extremos, como inundaciones o sequías?
17. ¿Existen estudios previos que evalúen el impacto negativo de estas prácticas en otras regiones?

Anexo 3

SIEMBRA Y COSECHA DE AGUA, COMO MEDIDA DE ADAPTACION PARA HACER FRENTE AL CALENTAMIENTO GLOBAL Y SU IMPACTO EN LA AGRICULTURA FAMILIAR DE LAS COMUNIDADES RURALES DE HUAYCO GRANDE Y RUJERO DEL MUNICIPIO DE URIONDO, DEPARTAMENTO DE TARIJA



UNIVERSIDAD ANDINA SIMÓN BOLÍVAR
SEDE CENTRAL –SUCRE-BOLIVIA

2023
UNIVERSIDAD ANDINA
SIMÓN BOLÍVAR
CENTRO ACADÉMICO DE LA CIUDAD DE URIONDO

VALIDACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN A JUICIO DEL EXPERTO

I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombre(s) Experto:	Ing. Ph.D. René Chípana Rivera
Cargo e institución:	Facultad de Agronomía Universidad Mayor de San Andrés
Nombre del instrumento motivo de evaluación :	Encuesta a productores a productores
Título de la tesis:	SIEMBRA Y COSECHA DE AGUA, COMO MEDIDA DE ADAPTACION PARA HACER FRENTE AL CALENTAMIENTO GLOBAL Y SU IMPACTO EN LA AGRICULTURA FAMILIAR DE LAS COMUNIDADES RURALES DE HUAYCO GRANDE Y RUJERO DEL MUNICIPIO DE URIONDO, DEPARTAMENTO DE TARIJA

II. ASPECTOS DE VALIDACION:

INDICADORES	CRITERIOS	DEFICIENTE	REGULAR	BUENA	MUY BUENA	EXCELENTE
		0 - 20	21- 40	41- 60	61- 80	81 - 100
1. CLARIDAD	Está escrito con un lenguaje sencillo.					X
2. OBJETIVIDAD	Está expresado en conductas observables.				X	
3. ACTUALIDAD	Adaptable a las modificaciones en el contexto					X
4. ORGANIZACIÓN	La organización es lógica.					X
5. SUFICIENCIA	Considera los aspectos en cantidad y calidad				X	
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para evaluar factores de impacto				X	
7. CONSISTENCIA	Responde al efecto causal.					X
8. COHERENCIA	Existe relación entre los objetivos					X
9. METODOLOGIA	La estrategia responde al propósito de la investigación.					X
10. PERTINENCIA	Es apropiado y útil para la investigación.					X

SIEMBRA Y COSECHA DE AGUA, COMO MEDIDA DE ADAPTACION PARA HACER
FRENTE AL CALENTAMIENTO GLOBAL Y SU IMPACTO EN LA AGRICULTURA
FAMILIAR DE LAS COMUNIDADES RURALES DE HUAYCO GRANDE Y RUJERO DEL
MUNICIPIO DE URIONDO, DEPARTAMENTO DE TARIJA



UNIVERSIDAD ANDINA SIMÓN BOLÍVAR
SEDE CENTRAL –SUCRE-BOLIVIA

UNIVERSIDAD ANDINA
SIMÓN BOLÍVAR
TELÉFONO MARCA 02 2 24111111

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

El instrumento evaluado puede ser aplicado para la toma de datos.

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

95

Firma y Sello
CI: 3327945 L. P.
Cel.: +591 71553488

Anexo 4

SIEMBRA Y COSECHA DE AGUA, COMO MEDIDA DE ADAPTACION PARA HACER FRENTE AL CALENTAMIENTO GLOBAL Y SU IMPACTO EN LA AGRICULTURA FAMILIAR DE LAS COMUNIDADES RURALES DE HUAYCO GRANDE Y RUJERO DEL MUNICIPIO DE URIONDO, DEPARTAMENTO DE TARJA

2023



UNIVERSIDAD ANDINA
SIMÓN BOLÍVAR
DECANO ALBERTO DE LA CAMPESINADA

UNIVERSIDAD ANDINA SIMÓN BOLÍVAR
SEDE CENTRAL –SUCRE-BOLIVIA

VALIDACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN A JUICIO DEL EXPERTO

I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombre(s) Experto:	Ing. Ph.D. David Cruz Choque
Cargo e institución:	Facultad de Agronomía Universidad Mayor de San Andrés
Nombre del instrumento motivo de evaluación :	Encuesta a productores a productores
Título de la tesis:	SIEMBRA Y COSECHA DE AGUA, COMO MEDIDA DE ADAPTACION PARA HACER FRENTE AL CALENTAMIENTO GLOBAL Y SU IMPACTO EN LA AGRICULTURA FAMILIAR DE LAS COMUNIDADES RURALES DE HUAYCO GRANDE Y RUJERO DEL MUNICIPIO DE URIONDO, DEPARTAMENTO DE TARJA

II. ASPECTOS DE VAUDACION:

INDICADORES	CRITERIOS	DEFICIENTE	REGULAR	BUENA	MUY BUENA	EXCELENTE
		0 - 20	21- 40	41- 60	61- 80	81- 100
1. CLARIDAD	Está escrito con un lenguaje sencillo.				✓	
2. OBJETIVIDAD	Está expresado en conductas observables.					✓
3. ACTUALIDAD	Adaptable a las modificaciones en el contexto			✓		
4. ORGANIZACIÓN	La organización es lógica.				✓	
5. SUFICIENCIA	Considera los aspectos en cantidad y calidad					✓
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para evaluar factores de impacto					✓
7. CONSISTENCIA	Responde al efecto causal.				✓	✓
8. COHERENCIA	Existe relación entre los objetivos				✓	
9. METODOLOGIA	La estrategia responde al propósito de la investigación.				✓	
10. PERTINENCIA	Es apropiado y útil para la investigación.				✓	

SIEMBRA Y COSECHA DE AGUA, COMO MEDIDA DE ADAPTACION PARA HACER FRENTE AL CALENTAMIENTO GLOBAL Y SU IMPACTO EN LA AGRICULTURA FAMILIAR DE LAS COMUNIDADES RURALES DE HUAYCO GRANDE Y RUJERO DEL MUNICIPIO DE URIONDO, DEPARTAMENTO DE TARIJA

2023



UNIVERSIDAD ANDINA
SIMÓN BOLÍVAR
ORGANISMO ACADÉMICO DE LA COMUNIDAD ANDINA

UNIVERSIDAD ANDINA SIMÓN BOLÍVAR
SEDE CENTRAL –SUCRE-BOLIVIA

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

El instrumento evaluado puede ser aplicado para la toma de datos.

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

Firma y Sello

CI: 224206 LP.

Cel.: +591 69725936

Anexo 5.

ALFA DE CRONBACH

	Item 1	Item 2	Item 3	Item 4	Item 5	Item 6	Item 7	Item 8	Item 9	Item 10	Item 11	Item 12	Total
Sujeto 1	1	2	2	3	2	3	3	3	3	3	3	3	31
Sujeto 2	2	3	3	4	3	4	4	4	4	4	4	3	42
Sujeto 3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	35
Sujeto 4	1	2	3	3	3	3	2	3	2	3	2	3	30
Sujeto 5	2	3	3	4	3	4	4	4	4	4	4	3	42
Sujeto 6	2	3	3	4	3	4	3	3	3	4	3	3	38
Sujeto 7	1	1	2	3	2	3	5	5	5	5	5	5	42
Sujeto 8	2	3	3	4	3	4	3	4	3	3	3	3	38
Sujeto 9	2	2	3	4	3	4	3	4	3	3	3	3	37
Sujeto 10	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	29
Sujeto 11	2	3	3	4	3	4	3	4	3	3	3	3	38
Sujeto 12	2	2	3	4	3	4	3	3	3	3	3	3	36
Sujeto 13	2	2	3	4	3	4	5	4	5	4	5	4	45
Sujeto 14	2	3	3	4	3	4	4	4	4	4	4	4	43
Sujeto 15	2	3	3	4	3	4	3	3	3	4	3	3	38
Sujeto 16	1	1	1	2	2	2	4	5	4	4	4	5	35
Sujeto 17	1	2	2	4	4	4	3	2	3	3	3	2	33
Sujeto 18	1	2	2	3	3	3	3	3	3	4	3	3	33
Sujeto 19	2	2	3	4	4	4	3	4	3	4	3	4	40
Sujeto 20	2	3	3	4	4	4	5	4	5	5	5	4	48
Sujeto 21	1	2	2	3	3	3	4	4	4	5	4	4	39
Sujeto 22	1	2	3	4	4	4	5	4	5	4	5	4	45
Sujeto 23	2	3	3	4	4	4	5	4	5	5	5	4	48
Sujeto 24	1	2	2	4	4	4	4	4	4	5	4	4	42

Sujeto 25	2	2	3	4	4	4	3	4	3	3	3	3	38
Sujeto 26	1	1	1	2	2	2	3	4	3	3	3	2	27
Sujeto 27	3	3	3	4	4	4	5	5	5	3	2	2	43
Sujeto 28	2	3	3	4	4	4	5	5	5	3	2	3	43
Sujeto 29	2	2	3	4	4	4	5	5	5	4	4	3	45
Sujeto 30	3	3	3	4	4	4	3	4	3	4	3	3	41
Sujeto 31	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	44
Sujeto 32	1	2	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	39
Sujeto 33	2	2	3	4	4	4	5	5	5	5	4	4	47
Sujeto 34	1	1	2	2	2	2	3	4	3	4	3	4	31
Sujeto 35	1	1	2	2	2	2	4	4	4	4	4	4	34
Sujeto 36	1	2	2	2	2	2	4	4	4	4	4	4	35
Sujeto 37	1	2	2	3	3	3	3	4	3	4	3	4	35
Sujeto 38	2	3	3	4	4	4	3	4	3	3	3	4	40
Sujeto 39	2	3	3	4	4	4	4	4	4	3	4	4	43
Sujeto 40	2	3	3	4	4	4	4	5	4	3	4	3	43
Sujeto 41	2	3	3	5	5	5	5	4	5	5	5	4	51
Sujeto 42	2	3	3	4	4	4	5	5	5	5	4	4	48
Sujeto 43	3	3	4	5	4	5	5	5	5	5	5	5	54
Sujeto 44	2	3	3	4	4	4	5	5	5	5	5	4	49
Sujeto 45	2	3	3	5	5	5	5	5	5	4	4	4	50
Varianza	0,339	0,451	0,348	0,635	0,667	0,635	0,782	0,511	0,782	0,543	0,718	0,516	38,309
	Item 1	Item 2	Item 3	Item 4	Item 5	Item 6	Item 7	Item 8	Item 10	Item 9	Item 11	Item 12	

$$\alpha = \frac{K}{K-1} \left(1 - \frac{\sum V1}{Vt}\right)$$

α Alfa de Cronbach
K Número de ítems
V1 Varianza de cada ítem
Vt Varianza total

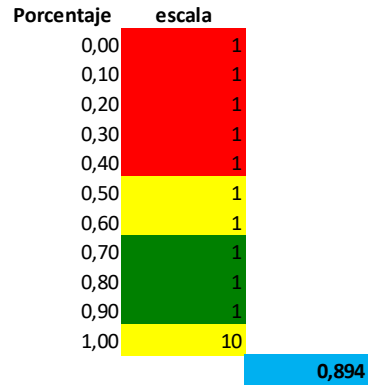
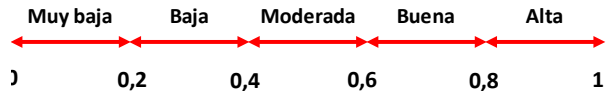
K 12
ΣV1 6,926
Vt 38,309

α 0,894

Este valor obtenido indica una buena consistencia

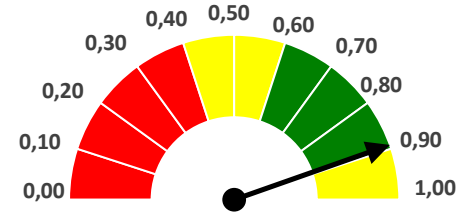
ALFA DE CRONBACH

ANÁLISIS DE LA CONSISTENCIA DE LA ENCUESTA



GRADOS 2,807544224

	X	Y
INICIAL	0	0
FINAL	0,944722729	0,327870349



Anexo 6.

FOTOGRAFÍAS

**CONSTRUCCIÓN DE ATAJADOS POR LA ONG IICCA
(Fotografías gentileza IICCA)**



PRESENCIA DE LA ONG IICCA EN EL MUNICIPIO DE URIONDO



Gentileza del GAM Uriondo

Atajados en la Comunidad Huayco Grande



SITUACIÓN DE SEQUÍA EN LA COMUNIDAD HUAYCO GRANDE



ENCUESTAS: LLENADO DEL FORMULARIO DE ENCUESTA POR LOS AGRICULTORES



COSECHA DE PAPA PRODUCCIÓN CON SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO



CONSTRUCCIÓN DE REPRESA EN LA COMUNIDAD SALADILLO SUBGOBERNACIÓN DE URIONDO



PROVISIÓN DE AGUA MEDIANTE CISTERNAS



Fotografías: Subgobernaçión de Uriondo

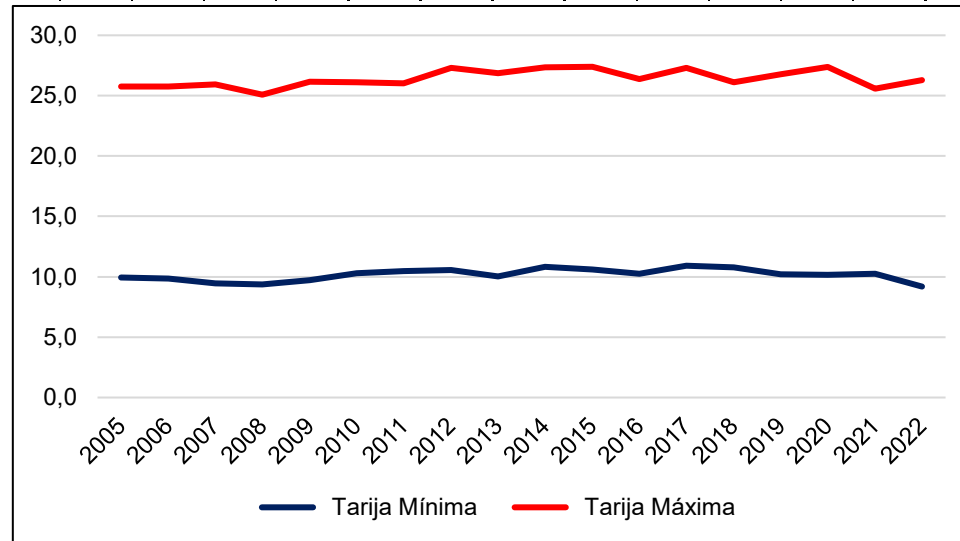
Anexo 7



BOLIVIA: TEMPERATURA MÍNIMA Y MÁXIMA, SEGÚN ESTACIÓN POR AÑO, 2005 - 2022 (En grados centígrados)

ESTACIÓN	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Tarija Mínima	10,0	9,9	9,5	9,4	9,7	10,3	10,5	10,6	10,0	10,8	10,6	10,3	10,9	10,8	10,2	10,2	10,3	9,2
Tarija Máxima	25,8	25,8	25,9	25,1	26,2	26,1	26,0	27,3	26,9	27,3	27,4	26,4	27,3	26,1	26,8	27,4	25,6	26,3

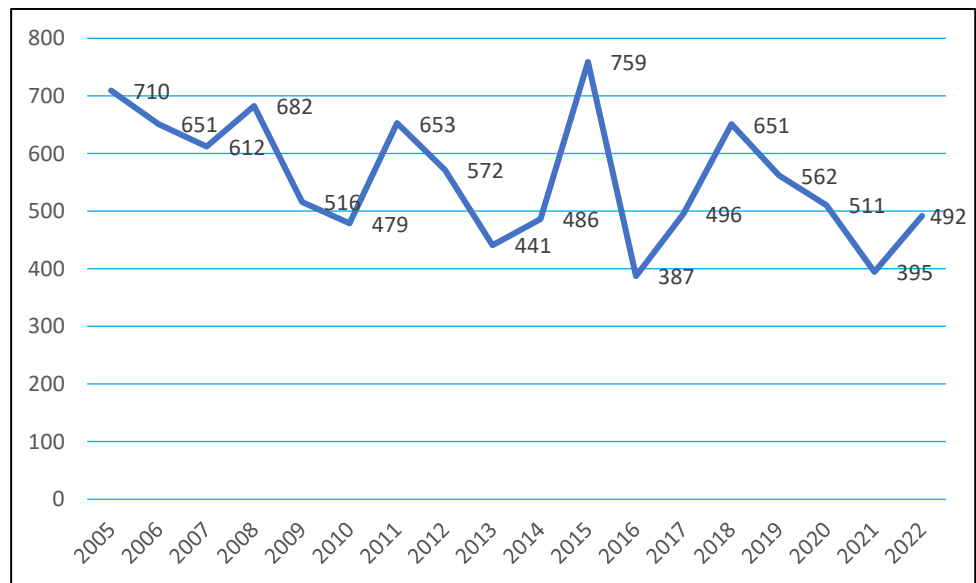
Nota: Instituto Nacional de Estadística
Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología



BOLIVIA: PRECIPITACIÓN ACUMULADA, SEGÚN ESTACIÓN POR AÑO, 2005- 2022
 (En milímetros)

ESTACIÓN	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Tarija	710	651	612	682	516	479	653	572	441	486	759	387	496	651	562	511	395	492

Nota: Instituto Nacional de Estadística Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología



Anexo 8.

BOLIVIA: PROYECCIONES DE POBLACIÓN, SEGÚN DEPARTAMENTO Y MUNICIPIO, 2012-2022

DEPARTAMENTO Y MUNICIPIO	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
BOLIVIA	10.356.978	10.521.247	10.685.994	10.851.103	11.016.438	11.181.861	11.347.241	11.512.468	11.677.406	11.841.955	12.006.031
TARIJA	503.886	513.923	523.910	533.840	543.689	553.471	563.182	572.823	582.376	591.828	601.214
Cercado											
Tarija	219.263	224.606	229.959	235.319	240.670	246.025	251.375	256.723	262.062	267.378	272.692
Aniceto Arce											
Padcaya	17.716	17.895	18.066	18.230	18.385	18.532	18.671	18.803	18.925	19.040	19.148
Bermejo	35.971	36.792	37.612	38.430	39.245	40.057	40.867	41.673	42.473	43.269	44.062
Gran Chaco											
Yacuiba	98.647	99.907	101.131	102.316	103.459	104.563	105.628	106.653	107.638	108.578	109.481
Caraparí	14.637	14.850	15.059	15.262	15.461	15.653	15.840	16.022	16.198	16.367	16.532
Villamontes	42.347	43.624	44.915	46.220	47.538	48.869	50.212	51.569	52.935	54.314	55.704
Aviles											
Uriondo	13.889	14.150	14.408	14.664	14.917	15.166	15.411	15.654	15.892	16.127	16.359
Yunchará	6.178	6.140	6.099	6.055	6.007	5.957	5.906	5.851	5.794	5.736	5.675
Méndez											
Villa San											
Lorenzo	21.706	22.144	22.578	23.010	23.436	23.859	24.277	24.691	25.101	25.504	25.904
El Puente	11.422	11.484	11.540	11.590	11.636	11.674	11.708	11.735	11.758	11.774	11.786
Burnet											
Oconnor											
Entre Ríos	22.110	22.331	22.543	22.744	22.935	23.116	23.287	23.449	23.600	23.741	23.871

Nota: Ministerio de Educación, Ministerio de Salud y Deportes, Instituto Nacional de Estadística. Estimaciones y proyecciones de población, Revisión 2020

RECOMENDACIÓN: Las proyecciones de población son elaboradas con base a información sobre los componentes demográficos (fecundidad, mortalidad y migración) investigadas en los censos y encuestas de demografía y salud.