UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

CARRERA DE AGRONOMÍA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

“EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD DE LA JUNTA DE RIEGO DEL CANAL NORTE DE LA PARROQUIA SAN LORENZO DE TANICUCHÍ PERIODO 2025-2026 ”

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingenieras Agrónomas

Autoras:
Cujilema Mangia Monica Isabel
Toledo Guashpa Merli Cristina

Tutora:
Ilbay Yupa Mercy Lucila

LATACUNGA – ECUADOR
Agosto 2026

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Cujilema Mangia Monica Isabel, con cédula de ciudadanía No. 1727912055 y Toledo Guashpa Merli Cristina, con cédula de ciudadanía No. 1150875779, declaramos ser autoras del presente Proyecto de Investigación: **"EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD DE LA JUNTA DE RIEGO DEL CANAL NORTE DE LA PARROQUIA SAN LORENZO DE TANICUCHÍ PERIODO 2025-2026"**, siendo la Ingeniera PhD. Mercy Lucila Ilbay Yupa, Tutora del presente trabajo; y, eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 5 de agosto del 2026

Monica Isabel Cujilema Mangia
C.C: 1727912055
ESTUDIANTE

Merli Cristina Toledo Guashpa
C.C: 1150875779
ESTUDIANTE

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **CUJILEMA MANGIA MONICA ISABEL**, identificada con cédula de ciudadanía **1727912055** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - LA CEDENTE es una persona natural estudiante de la carrera de Agronomía titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **"EVALUACION DE LA SOSTENIBILIDAD DE LA JUNTA DE RIEGO DEL CANAL NORTE DE LA PARROQUIA SAN LORENZO DE TANICUCHÍ PERIODO 2025-2026"**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Octubre 2022 - Marzo 2023

Finalización de la carrera: Abril 2026 – Agosto 2026

Tutor: Ingeniera. Mercy Lucila Ilbay Yupa, Ph.D.

Tema: **"EVALUACION DE LA SOSTENIBILIDAD DE LA JUNTA DE RIEGO DEL CANAL NORTE DE LA PARROQUIA DE TANICUCHÍ PERIODO 2025-2026"**

CLÁUSULA SEGUNDA. - LA CESIONARIA es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
b) La publicación del trabajo de grado.
c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 5 días del mes de agosto del 2026.

Monica Isabel Cujilema Mangia	Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.
LA CEDENTE	**LA CESIONARIA**

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **TOLEDO GUASHPA MERLI CRISTINA**, identificada con cédula de ciudadanía **1150875779** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - LA CEDENTE es una persona natural estudiante de la carrera de Agronomía titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **"EVALUACION DE LA SOSTENIBILIDAD DE LA JUNTA DE RIEGO DEL CANAL NORTE DE LA PARROQUIA DE TANICUCHÍ PERIODO 2025-2026"**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Octubre 2022 - Marzo 2023

Finalización de la carrera: Abril 2026 – Agosto 2026

Tutor: Ingeniera. Mercy Lucila Ilbay Yupa, Ph.D

Tema: **"EVALUACION DE LA SOSTENIBILIDAD DE LA JUNTA DE RIEGO DEL CANAL NORTE DE LA PARROQUIA DE TANICUCHÍ PERIODO 2025-2026"**

CLÁUSULA SEGUNDA. - LA CESIONARIA es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

1. La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
2. La publicación del trabajo de grado.
3. La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
4. La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
5. Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 5 días del mes de agosto del 2026.

Merli Cristina Toledo Guashpa	Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.
LA CEDENTE	**LA CESIONARIA**

AVAL DE LA TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación con el título:

"EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD DE LA JUNTA DE RIEGO DEL CANAL NORTE DE LA PARROQUIA SAN LORENZO DE TANICUCHÍ PERIODO 2025-2026", de Cujilema Mangia Monica Isabel y Toledo Guashpa Merli Cristina, de la carrera de Agronomía, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también han incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

Latacunga, 5 de agosto del 2026

Ing. Mercy Lucila Ilbay Yupa, Ph.D.
C.C: 0604147900
DOCENTE TUTORA

AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, las postulantes: Cujilema Mangia Monica Isabel y Toledo Guashpa Merli Cristina, con el título del Proyecto de Investigación: **"EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD DE LA JUNTA DE RIEGO DEL CANAL NORTE DE LA PARROQUIA DE SAN LORENZO DE TANICUCHÍ PERIODO 2025-2026"**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

Latacunga, 5 de agosto del 2026

Ing. Guido Euclides Yauli Chicaiza, Mg.
CC:0501604409
LECTOR 1 (PRESIDENTE)

Ing. Wilman Paolo Chasi Vizuete, Mg.
C.C: 0502409725
LECTOR 2 (MIEMBRO)

Ing. Edwin Marcelo Chancusig Espín, Ph.D.
C.C:0501148837
LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento a Dios, por bendecirme con la vida, la salud, la fortaleza y la sabiduría necesarias para culminar este trabajo de investigación y una etapa muy importante de mi formación profesional.

A mis queridos padres, ***Rosa Mangia*** *y* ***Alberto Cujilema****, les expreso mi profunda gratitud por todos los esfuerzos y sacrificios realizados para brindarme una educación de calidad. Gracias por su amor incondicional, sus enseñanzas, sus consejos y la confianza que siempre depositaron en mí. Su apoyo constante fue el pilar fundamental que me permitió alcanzar esta meta.*

A mi hermano, por su compañía, comprensión y palabras de aliento en los momentos más difíciles. Su apoyo y motivación fueron una fortaleza para continuar adelante con perseverancia y dedicación.

A mi amado hijo, ***Liam****, por ser la mayor inspiración de mi vida y la razón que me impulsa cada día a superarme personal y profesionalmente. Su amor, ternura y alegría fueron la fuerza que me permitió perseverar hasta culminar este importante logro.*

A mi esposo, mi compañero de vida, por su paciencia, comprensión, apoyo incondicional y confianza durante todo este proceso. Gracias por acompañarme en cada desafío, brindarme ánimo en los momentos de dificultad y creer siempre en mis capacidades.

Monica Isabel Cuilema Mangia

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más profundo agradecimiento a Dios, por ser mi fortaleza en los momentos más difíciles, por guiar cada uno de mis pasos y por darme la sabiduría, la salud y la perseverancia necesarias para culminar esta importante etapa de mi vida. A mi familia, por su amor, apoyo incondicional y confianza, que fueron el impulso para seguir adelante y no rendirme ante las dificultades. A mis amigos, por compartir este camino conmigo, brindarme su apoyo, sus palabras de ánimo y hacer de esta etapa una experiencia inolvidable. Finalmente, agradezco a mis docentes y mi tutora de investigacion, quienes, con su dedicación, conocimientos y enseñanzas, contribuyeron de manera significativa a mi formación académica y profesional, dejando en mí valiosas experiencias que me acompañarán a lo largo de mi vida.

Merli Cristina Toledo Guashpa

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, en primer lugar, a Dios, por iluminar mi camino, darme fortaleza en los momentos de dificultad y permitirme alcanzar una de las metas más importantes de mi vida.

A mi hijo, ***Liam****, quien es el motor de mi vida y la mayor motivación para seguir creciendo y superándome cada día. Este logro también es para ti.*

A mis padres, ***Rosa Mangia*** *y* ***Alberto Cujilema****, por su amor, esfuerzo y apoyo incondicional. Gracias por enseñarme que la perseverancia y el trabajo son la base para cumplir los sueños.*

A mi esposo y a mi hermano, por acompañarme con su cariño, paciencia y confianza durante este camino, brindándome la fuerza necesaria para no rendirme.

Con todo mi cariño, dedico este logro a mi familia, porque cada uno de ustedes fue parte fundamental para hacer realidad este sueño.

Monica Isabel Cujilema Mangia

DEDICATORIA

Con todo mi amor y gratitud, dedico este logro a mi madre, Carmen, quien ha sido el motor de mi vida, mi mayor inspiración y la persona que más admiro. Gracias por estar a mi lado en cada etapa de este camino, por sostenerme cuando sentía que no podía continuar y por recordarme, incluso en los momentos más difíciles, que era capaz de alcanzar mis sueños. Tu amor, tus consejos y tu apoyo incondicional han sido el pilar que me permitió llegar hasta aquí. Este logro también es tuyo. A mi padre, Donaldo, por su apoyo y por impulsarme siempre a seguir adelante con esfuerzo y dedicación. A mi hermano, Edwin, por acompañarme en los momentos difíciles, brindándome ánimo y haciéndome sentir que nunca estaba sola. A mi hermano, Mayco, por inspirarme con sus palabras y por hacerme sentir orgullosa de cada paso que daba hacia esta meta.

Merli Cristina Toledo Guashpa

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: "EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD DE LA JUNTA DE RIEGO DEL CANAL NORTE DE LA PARROQUIA DE SAN LORENZO TANICUCHÍ PERIODO 2025-2026".

Autores:
Cujilema Mangia Monica Isabel
Toledo Guashpa Merli Cristina

RESUMEN

La sostenibilidad es la capacidad que tiene un sistema productivo para conservar su eficiencia en el largo plazo mediante la gestión adecuada de los recursos naturales, integrando las dimensiones económica, ambiental, social y tecnológica. La Junta de Riego del Canal Norte, ubicada en la parroquia San Lorenzo de Tanicuchí, provincia de Cotopaxi, cuenta con 20 tomas de distribución que abastecen aproximadamente 930 ha de superficie agrícola y benefician a 2.730 usuarios. La presente investigación tuvo como objetivo aplicar indicadores de sostenibilidad para evaluar las dimensiones económica, ambiental, social y tecnológica de los sistemas de riego de la Junta de Riego del Canal Norte de la parroquia San Lorenzo de Tanicuchí durante el período 2025-2026. La investigación se desarrolló con un enfoque cuantitativo y cualitativo de campo, mediante la aplicación de encuestas, entrevistas y observación directa. La sostenibilidad se evaluó utilizando 16 indicadores correspondientes a las cuatro dimensiones y la determinación del Índice General de Sostenibilidad (IGS) mediante la adaptación de la metodología de Sarandón. Los resultados evidenciaron que el sistema de riego por goteo obtuvo el mayor IGS (2,46), destacándose por su eficiencia en el uso del agua y la capacidad de autogestión de los productores de rosas; sin embargo, presentó como principal limitante los altos costos de inversión inicial y mantenimiento. El sistema de riego por gravedad alcanzó un IGS de 2,09, reflejando un desempeño intermedio, con bajos costos de inversión y facilidad de aplicación en cultivos tradicionales; no obstante, su principal punto crítico fue la pérdida de agua por infiltración y escurrimiento en la dimensión tecnológica. Finalmente, el sistema de riego por aspersión registró un IGS de 2,04, sobresaliendo por la aplicación uniforme del agua que favorece el crecimiento del forraje, aunque presentó limitaciones en la dimensión social debido a la escasa participación de los usuarios en la gestión y al reducido aporte en la generación de empleo. En conjunto, la Junta de Riego presentó una sostenibilidad media, evidenciando la necesidad de fortalecer la gestión comunitaria, la tecnificación y el uso eficiente del recurso hídrico, además, se identificó que ocho tomas presentan deficiencias de mantenimiento, afectando la infraestructura hidráulica y comprometiendo la sostenibilidad operativa y la fiabilidad del sistema.

Palabras clave: Sostenibilidad, sistema de riego, dimensión, atributo, indicador.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES

TOPIC: "SUSTAINABILITY ASSESSMENT AT NORTH CANAL IRRIGATION BOARD IN SAN LORENZO DE TANICUCHÍ DURING 2025–2026 PERIOD."

Authors:
Cujilema Mangia Monica Isabel
Toledo Guashpa Merli Cristina

ABSTRACT

Sustainability is the ability of a production system to maintain its efficiency over the long term through the proper natural resources management, integrating economic, environmental, social, and technological dimensions. The Canal Norte Irrigation Board, located in San Lorenzo de Tanicuchí, Cotopaxi province, has 20 distribution intakes that supply approximately 930 hectare of agricultural land and serve 2,730 users. This research objective was to apply sustainability indicators to evaluate the economic, environmental, social, and technological dimensions on systems irrigation at North Canal Irrigation Board in San Lorenzo de Tanicuchí during the 2025–2026 period. This research was conducted using a quantitative and qualitative field-based approach, involving surveys, interviews, and direct observation. Sustainability was assessed using 16 indicators corresponding to the four dimensions, and the General Sustainability Index (GSI) was calculated by adapting Sarandón's methodology. The results showed that the drip irrigation system achieved the highest IGS (2.46), standing out for its water usage efficiency and the rose growers' ability to manage the system themselves; however, its main limitation was the high initial investment and maintenance costs. The gravity irrigation system achieved an IGS of 2.09, showing the average performance, with low investment costs and application ease in traditional crops; however, its main problem was water loss due to infiltration and runoff in the technological dimension. Finally, the spraying irrigation system recorded an IGS of 2.04, standing out for its uniform water application, which promotes forage growth, although it had limitations in the social dimension due to low user participation in management and its limited contribution to job creation. Overall, the Irrigation Board showed the average sustainability, highlighting the necessity to strengthen community management, modernization, and the efficient water usage resources. In addition, it was found that eight intake structures have maintenance problems, affecting the hydraulic infrastructure and compromising the system's operational sustainability and reliability.

Keywords: Sustainability, Irrigation system, Dimension, Attribute, Indicator.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR..... iii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR..... v
AVAL DE LA TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN..... vii
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN viii
AGRADECIMIENTO..... ix
AGRADECIMIENTO..... x
DEDICATORIA..... xi
DEDICATORIA xii
RESUMEN..... xiii
ÍNDICE DE CONTENIDO..... xv
ÍNDICE DE TABLAS..... xviii
ÍNDICE DE GRAFICA..... xix
ÍNDICE DE ANEXO ..... **¡Error! Marcador no definido.**
1. INFORMACIÓN GENERAL 1
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO..... 2
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO 3
3.1 Beneficiarios directos 3
3.2 Beneficiarios indirectos 3
4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 4
5. OBJETIVOS:..... 4
5.1 General..... 4
5.2 Específicos..... 5

6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN CON LOS OBJETIVOS PLANTEADOS 5
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA 8
7.1. Unidad 1 : Sostenibilidad en sistemas de riego 8
7.1.1. Subunidad 1.1: Concepto de sostenibilidad 8
7.1.2. Subunidad 1.2: Aspectos de las dimensiones de la sostenibilidad 9
7.1.3. Subunidad 1.3: Indicadores integrales de sostenibilidad 12
7.2. Unidad 2: Gestión comunitaria y normativa ecuatoriana 15
7.2.1. Subunidad 2.1 : Juntas de riego en Ecuador 15
7.2.2. Subunidad 2.2: Marco legal e institucional 17
7.2.3. Subunidad 2.3: Gobernanza y participación comunitaria 19
7.3. Unidad 3: Evaluación de sostenibilidad hídrica 21
7.3.1. Subunidad 3.1: Metodologías de evaluación 21
7.3.2. Subunidad 3.2: Experiencias en Ecuador y Latinoamérica 24
7.3.3. Subunidad 3.3: Aplicación en la Junta de Riego del Canal Norte 25
8. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS 26
9. METODOLOGÍA 26
9.1. Área de estudio 26
9.2. Método inductivo 27
9.3. Método deductivo 28
9.4. Recopilación de información 28
9.5. Índice General de Sostenibilidad (IGS) 29
9.6. Rangos de clasificación 33
9.7. Criterios de sostenibilidad 34
9.7.1. Dimensión económica 35

9.7.2. Dimensión ambiental 41
9.7.3. Dimensión social 46
9.7.4. Dimensión tecnológica 49
10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS 52
10.1. Sistemas de producción de la junta de riego del canal norte de Tanicuchi 52
10.2. Análisis de los puntos críticos 56
10.2.1. Puntos críticos en el sistema de riego por aspersión 56
10.2.2. Sistema de riego por goteo 61
10.2.3. Riego por gravedad 68
11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 74
11.1 . CONCLUSIONES 74
11.2 Recomendación 75
12 BIBLIOGRAFÍA 76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Planificación de actividades según objetivos 5

Tabla 2: Indicadores que agrupan las dimensiones económicas, ambientales, sociales y tecnológicas. 31

Tabla 3: Rangos de clasificación del Índice General de Sostenibilidad. 33

ÍNDICE DE GRAFICA

Gráfica 1: Área de estudio parroquia San Lorenzo de Tanicuchí 27

Gráfica 2: Esquema metodológico. 30

Gráfica 3. *La gráfica presenta el comportamiento del Índice General del Indicador Económico (IE), evaluado mediante cuatro indicadores: Productividad (IEP), Confiabilidad (IEC), Equidad (IEE) y Autodependencia o autogestión (IEA).*.....56

Gráfica 4. *La gráfica presenta el comportamiento del Índice General del Indicador Ambiental (IA), evaluado mediante tres indicadores: Productividad (IAP), Estabilidad (IAE) y Resiliencia (IAR).*.....57

Gráfica 5. *La gráfica presenta el comportamiento del Índice General del Indicador Social (IS), evaluado mediante tres indicadores: Productividad (ISP), Confiabilidad (ISC) y Autodependencia o autogestión (ISA).* 59

Gráfica 6. *La gráfica presenta el comportamiento del Índice General del Indicador Tecnológico (IT), evaluado mediante cuatro indicadores: Productividad (ITP), Estabilidad (ITE), Resiliencia (ITR) y Adaptabilidad (ITA).*.....60

Gráfica 7. *La gráfica presenta el comportamiento del Índice General del Indicador Económico (IE), evaluado mediante cuatro indicadores: Productividad (IEP), Confiabilidad (IEC), Equidad (IEE) y Autodependencia o autogestión (IEA).*.....61

Gráfica 8. *La gráfica presenta el comportamiento del Índice General del Indicador Ambiental (IA), evaluado mediante tres indicadores: Productividad (IAP), Estabilidad (IAE) y Resiliencia (IAR).*.....63

Gráfica 9. *La gráfica presenta el comportamiento del Índice General del Indicador Social (IS), evaluado mediante tres indicadores: Productividad (ISP), Confiabilidad (ISC) y Autodependencia o autogestión (ISA).* 64

Gráfica 10. *La gráfica presenta el comportamiento del Índice General del Indicador Tecnológico (IT), evaluado mediante cuatro indicadores: Productividad (ITP), Estabilidad (ITE), Resiliencia (ITR) y Adaptabilidad (ITA).*.....66

Gráfica 11. *Comportamiento del Índice General del Indicador Económico (IE), evaluado mediante cuatro indicadores: Productividad (IEP), Confiabilidad (IEC), Equidad (IEE) y Autodependencia o autogestión (IEA).*.....68

Gráfica 12. *Comportamiento del Índice General del Indicador Ambiental (IA), determinado a partir de tres indicadores: Productividad (IAP), Estabilidad (IAE) y Resiliencia (IAR).* 69

Gráfica 13. *Resultados del Índice General del Indicador Social (IS), calculado a partir de tres indicadores: Productividad (ISP), Confiabilidad (ISC) y Autodependencia o autogestión (ISA).*.....70

Gráfica 14. *Desempeño del Índice General del Indicador Tecnológico (IT), analizado mediante cuatro indicadores: Productividad (ITP), Estabilidad (ITE), Resiliencia (ITR) y Adaptabilidad (ITA).*.....72

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD DE LA JUNTA DE RIEGO DEL CANAL NORTE DE LA PARROQUIA SAN LORENZO DE TANICUCHI PERIODO 2025-2026

Fecha de inicio: 05/11/2025

Fecha de finalización: 10/07/2026

Lugar de ejecución:

Provincia: Cotopaxi.

Cantón: Latacunga.

Parroquia: San Lorenzo de Tanicuchí

Barrios principales: El Centro, Lasso,La Floresta, Santa Clara Centro, Cajón Veracruz, Santa Ana, Rioblanco, La Florida, El Vergel, Rayo Cruz, entre otros

Zona:3

Facultad que auspicia

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

Carrera que auspicia:

Agronomía

Equipo de Trabajo:

Tutor: Ing. Mercy Lucila Ilbay Yupa , Ph.D.

Lector 1: Ing.Guido Euclides Yauli Chicaiza, Mg.

Lector 2: Ing.Wilman Paolo Chasi Vizuete, Mg.

Lector 3: Ing.Edwin Marcelo Chancusig Espín. PhD.

Investigadores responsables: Cujilema Mangia Monica Isabel

Toledo Guashpa Merli Cristina

Coordinadoras del Proyecto:

Nombre/s: Monica Isabel Cujilema Mangia

Teléfonos: 0994405646

Correo electrónico: monica.cujilema2055@utc.edu.ec

Nombre/s: Merli Cristina Toledo Guashpa

Teléfonos: 0983901194

Correo electrónico: @utc.edu.ec

Área de Conocimiento:

Gestión comunitaria y sostenibilidad en sistemas de riego andinos mediante indicadores de uso eficiente del agua en la agricultura.

Línea de investigación:

Analisis, conservación y aprovechamiento racional de la viodiversidad, fauna y recursos naturales.

Línea de vinculación de la carrera:

Gestión de recursos naturales, biodiversidad, biotecnología y gestión para el desarrollo humano y social.

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La presente investigación se realizó debido a la ausencia de un diagnóstico sistémico y cuantitativo basado en indicadores de sostenibilidad, lo que impide identificar las limitaciones técnicas, de gobernanza y socioeconómicas que afectan la eficiencia e imparcialidad en las 21 juntas de riego de la parroquia Tanicuchi, provincia de Cotopaxi. Esta problemática dificulta la priorización de acciones correctivas y el fortalecimiento institucional necesario para garantizar la sostenibilidad de la agricultura de riego frente a factores como la variabilidad climática y las distintas situaciones que tiene la vida rural. El estudio aportará información técnica y metodológica mediante la aplicación de indicadores de sostenibilidad que permitirán evaluar la

gestión hídrica y detectar puntos críticos dentro de las juntas de riego. Los principales beneficiarios serán las organizaciones de regantes, agricultores e instituciones relacionadas con la administración del recurso hídrico, quienes podrán utilizar los desenlaces en la mejora, planificación y toma de resoluciones. Además, esta investigación posee relevancia social, ambiental y productiva, debido a que contribuirá al fortalecimiento de la gestión comunitaria del agua y al uso sostenible del recurso hídrico, generando lineamientos prácticos que favorezcan la sostenibilidad de rubro agrícola de una zona donde se realiza el estudio.

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

3.1 Beneficiarios directos

- 2730 usuarios regantes de la Junta de Riego del Canal Norte de la parroquia Tanicuchí.
- Del total de beneficiarios directos, aproximadamente 819 corresponden a mujeres y 1911 a hombres, quienes participan en las actividades agrícolas del agua de regadío.
- Directivos e administradores responsables en la operación, distribución y control del recurso hídrico.
- Productores agrícolas que dependen directamente del agua de riego para el desarrollo y productividad de sus cultivos.

3.2 Beneficiarios indirectos

- Aproximadamente 8.000 a 15.000 habitantes pertenecientes a las familias de los usuarios y población vinculada a la actividad agrícola de la parroquia Tanicuchí.
- Comerciantes, trabajadores y actores económicos relacionados con la producción y comercialización agrícola local.
- Instituciones privadas y organizaciones comunitarias relacionadas con la gestión del recurso hídrico y el desarrollo rural.

- La comunidad local en general, beneficiada por el fortalecimiento de la sostenibilidad y eficiencia del sistema de riego agrícola.

4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En la provincia de Cotopaxi, las juntas de riego para uso agrícola presentan limitaciones en la evaluación de su sostenibilidad debido a la ausencia de indicadores integrales que permitan medir de manera objetiva en la efectividad del uso del agua, la equidad su división y la calidad de la gestión hídrica. Esta problemática se relaciona con factores técnicos, organizativos y administrativos que dificultan la identificación de fallas dentro de los sistemas de riego y afectan forma de organizarse, para el cuidado adecuado en los recursos del sistema de agua. Estudios previos realizados en sistemas de riego comunitarios andinos evidencian que la falta de herramientas metodológicas y de evaluación limita la gestión eficiente y sostenible del agua, reduciendo la habilidad de respuesta para solucionar los problemas en la productividad agrícola y sostenibilidad ambiental.

En la actualidad, muchas juntas de riego continúan operando con escasos mecanismos de monitoreo y control, lo que incrementa el riesgo de ineficiencia en la distribución del recurso hídrico y conflictos relacionados con su uso. Según (Cachipuendo , Ilbay y Requelme, 2025)la falta de herramientas metodológicas basadas en indicadores integrales restringe la administración eficiente, sostenible de las estructuras de riego comunitarios en contextos andinos.

5. OBJETIVOS:

5.1 General

Evaluar la sostenibilidad de las juntas de riego mediante la aplicación de indicadores integrales, con el fin de fortalecer la gestión del agua en la agricultura de Cotopaxi.

5.2 Específicos

- Aplicar los indicadores de sostenibilidad en sistemas de riego para medir su sostenibilidad para las dimensiones ambientales, tecnológica, sociales y económica en la junta de riego del canal norte
- Analizar los puntos críticos en las cuatro dimensiones en la junta de riego en el periodo 2025-2026.
- Determinación de la sostenibilidad hídrica de la Junta de Riego del Canal norte de la parroquia de
- Tanicuchí.

6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN CON LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 1:*Planificación de actividades según objetivos*

Objetivo	Actividades	Resultados esperados	Medios de verificación
Objetivo específico 1: Aplicar los indicadores de sostenibilidad en sistemas de riego para medir su sostenibilidad para las dimensiones ambientales,	● Elaboración de encuestas y entrevistas. ● Aplicación de instrumentos a usuarios y directivos. ● Levantamiento de información técnica del canal.	● Diagnóstico del nivel de sostenibilidad del sistema de riego. ● Identificación de fortalezas y debilidades del canal. ● Obtención de índices de	● Encuestas y entrevistas aplicadas. ● Fichas de observación de campo. ● Registros fotográficos del canal y la infraestructura.

tecnológica, sociales y económica en la junta de riego del canal norte	• Inspección de infraestructura hidráulica. • Sistematización y tabulación de datos recopilados. • Clasificación de indicadores de sostenibilidad.	sostenibilidad por dimensión. • Base de datos técnica y social de la junta de riego.	• Matrices de indicadores de sostenibilidad. • Tablas estadísticas y base de datos
Objetivo específico 2: Analizar los puntos críticos en las cuatro dimensiones en la junta de riego en el periodo 2025-2026.	• Procesamiento estadístico de la información recopilada. • Análisis técnico de eficiencia. • Identificación de pérdidas de agua y problemas operativos.. • Determinación de variables críticas del sistema.	• Identificación de problemas técnicos, ambientales, sociales y económicos. • Determinación de variables críticas que afectan la sostenibilidad. • Evaluación del nivel de eficiencia del sistema de riego.	• Matriz de puntos críticos. • Informes de análisis estadístico. • Cuadros comparativos y gráficos. • Reportes técnicos documentados. • Evidencias fotográficas y registros de campo.

	• Elaboración de matrices de puntos críticos.	• Priorización de problemas para futuras intervenciones.	
Objetivo específico 3: Determinación de la sostenibilidad hídrica de la Junta de Riego del Canal norte de la parroquia de Tanicuchí.	• Formulación de propuestas técnicas y comunitarias. • Socialización y validación de resultados con usuarios y directivos.	• Determinación del nivel de sostenibilidad hídrica del canal. • Propuestas técnicas para mejorar la eficiencia del sistema. • Recomendaciones para fortalecer la gestión comunitaria del agua.	• Actas de socialización y validación. • Propuesta técnica documentada. • Informe final de sostenibilidad y eficiencia del sistema.

Fuente:Elaboracion propia

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

7.1.Unidad 1 : Sostenibilidad en sistemas de riego

7.1.1. Subunidad 1.1: Concepto de sostenibilidad

a. Definiciones

La sostenibilidad en sistemas de riego se puede definir como la capacidad para manejar con eficiencia y responsabilidad el agua para una producción agrícola, una conservación medioambiental y un bienestar social a largo plazo. El concepto de sostenibilidad plantea recoger una serie de aspectos en el marco de un equilibrio entre disponibilidad de los recursos hídricos, conservación del suelo, eficiencia de las infraestructuras hidráulicas y participación comunitaria en la gestión del recurso. Señala que para la sostenibilidad de los riegos es necesario recoger indicadores en el marco de los contextos agrícolas y comunitarios y también para contrarrestar el cambio climático y la creciente demanda del agua (Cachipuendo et al., 2025).

La sostenibilidad en sistemas de riego está con el mantenimiento del suministro del recurso hídrico para el uso agrícola sin agravios de los recursos naturales ni de la disponibilidad futura de dicho recurso. Los sistemas sostenibles persiguen la mejora de la eficiencia en el uso del agua mediante el riego tecnificado, la monitorización hidráulica, el cuidado de la infraestructura, etc. y el fomento de prácticas agrarias que eviten la erosión, la salinización, la contaminación de los suelos, etc, que garanticen la estabilidad de la producción y la conservación del medio a largo plazo (Lapo Pauta et al., 2022).

b. Evolución del término aplicado al riego.

La evolución del término aplicado al riego se produjo cuando los sistemas de cultivos agrícolas dejaron de estar centrados exclusivamente en aumentar la producción, para empezar a tener una conservación clara sobre el agua y los recursos que existen naturalmente. En años previos, el riego se entendía sobre todo como un mecanismo para incrementar los rendimientos

de los cultivos siguiendo líneas de ingeniería hidráulica de gran envergadura, sin considerar en profundidad los efectos sobre el medio ambiente que provocaba el abuso del recurso agua. Posteriormente, emergieron problemas como la escasez de agua, el deterioro propio de los suelos y la constante contaminación de nuestro ambiente, propiciando, aparición de modelos de gestión sostenible orientados a una mayor eficiencia del recurso hídrico y al aseguramiento de la sostenibilidad de la agricultura a largo plazo(Pan & Xu, 2018).

En la actualidad la evolución de la sostenibilidad aplicado al riego incluye tecnologías inteligentes, como la automatización del riego, los sensores digitales, la inteligencia artificial o el monitoreo en tiempo real, para optimizar el uso del agua y hacer frente a los efectos -principalmente en forma de sequías y fenómenos climáticos extremos- del cambio climático (x). Los sistemas modernos de riego tienen como objetivo mejorar la eficiencia hídrica y reducir el desperdicio de agua en el riego, así como tomar mejores decisiones en la práctica del riego mediante herramientas digitales de gestión agrícola. La cuestión de la sostenibilidad del riego asociado a la seguridad alimentaria y la adopción de nuevas tecnologías en un contexto de incrementar la necesidad de agua en el mundo de la agricultura (Hamdouni, 2026).

7.1.2. Subunidad 1.2: Aspectos de las dimensiones de la sostenibilidad

Las dimensiones de la sostenibilidad en los sistemas de riego son criterios fundamentales para determinar si la administración del agua agrícola puede permanecer eficaz, balanceada y perdurable a largo plazo. Estas dimensiones cubren aspectos económicos, sociales, tecnológicos y ambientales que se interrelacionan para asegurar un uso sostenible de los recursos hídricos, optimizar la producción agrícola y elevar la calidad de vida de las comunidades rurales. El propósito de la sostenibilidad de los sistemas de riego es promover la producción agrícola, pero sus metas fundamentales son además preservar los recursos naturales y fomentar que las comunidades se organicen para gestionar el agua (Berrones & Célleri, 2025).

a. Ambiental

La sostenibilidad de los sistemas de riego en el ámbito medioambiental tiene que ver con la conservación, defensa y empleo eficaz de los recursos naturales, sobre todo el agua y la tierra, con el fin de asegurar la continuidad de la producción agrícola sin causar deterioro ecológico. Mantener el equilibrio ecológico, disminuir la contaminación y resguardar las fuentes de agua para la agricultura son los propósitos de esta dimensión. Asimismo, destaca la importancia de garantizar que los recursos naturales estén disponibles para las próximas generaciones a través de una gestión apropiada del agua para riego(Muñoz Portugal, 2019

Además, comprende la aplicación de prácticas sustentables con el objetivo de preservar los ecosistemas y conservar el equilibrio ecológico en las áreas agrarias. La administración efectiva del agua y la preservación de la tierra contribuyen a minimizar las consecuencias adversas de las actividades agrícolas y favorecen que los sistemas de riego sean sostenibles. Asimismo, una buena gestión del medioambiente ofrece la posibilidad de elevar la productividad agrícola sin poner en riesgo la calidad de los recursos naturales (Oscar Luis Palacios-Vélez Bernardo Samuel Escobar-Villagrán, 2016).

b. Tecnológica

La dimensión tecnológica de la sostenibilidad en los sistemas de riego se vincula con la puesta en marcha de procedimientos y herramientas que perfeccionen el empleo del agua y aumenten la eficiencia en la agricultura. La implementación de tecnologías como sensores de humedad, sistemas de riego presurizado, automatización y tecnologías que se basan en el Internet de las cosas (IoT) ha sido posible gracias a los progresos tecnológicos; estos contribuyen a optimizar la productividad agrícola y a disminuir el desperdicio de agua. Estas innovaciones favorecen que se conserve la energía, que los sistemas agrícolas sean sostenibles y que el agua se gestione de una manera más exacta (Lin et al., 2020).

Del mismo modo, la sostenibilidad tecnológica conlleva la actualización de la infraestructura hidráulica y el talento de los agricultores para ajustarse a las tecnologías emergentes. La utilización de modelos de programación y herramientas digitales para el riego posibilita que las decisiones relacionadas con la administración de recursos hídricos sean más efectivas, así como reducir los costos de producción y aumentar la rentabilidad en el sector agrícola. Asimismo, las innovaciones en tecnología están robusteciendo la capacidad de los sistemas de riego para enfrentar el cambio climático y las restricciones de agua que existen para la agricultura (M. Li et al., 2022).

c. Social

El bienestar de las comunidades agrarias y la inclusión equitativa de los usuarios en la administración del agua para regar son el foco de atención de la dimensión social de la sostenibilidad. Esta dimensión fomenta la inclusión social, la organización de la comunidad y el acceso justo a los recursos de agua, lo que mejora las conexiones entre las organizaciones de regantes y los agricultores. Asimismo, aspira a asegurar condiciones apropiadas para optimizar la calidad de vida en las áreas rurales, fomentar la seguridad alimentaria y el crecimiento sostenible de las comunidades agrícolas (Janker et al., 2019).

Por otro lado, la sostenibilidad social considera factores vinculados con la igualdad, la participación de los ciudadanos y el entrenamiento de los usuarios del riego. Para optimizar la administración del agua y disminuir las disputas entre los usuarios, es útil tanto el desarrollo de habilidades técnicas como la capacitación en términos ambientales. Además, una gobernanza social apropiada posibilita el fortalecimiento de la administración de los recursos hídricos en sistemas agrícolas sustentables y la consolidación de procesos de cooperación a nivel comunitario (López et al., 2018)

d. Económica

La dimensión económica de la sostenibilidad de los sistemas de riego busca asegurar la viabilidad económica y productiva a largo plazo de las actividades agrícolas. Esta dimensión está relacionada con la eficiencia en el uso de los recursos, el aumento de la productividad y la generación de ingresos suficientes para cubrir los costos de operación y mantenimiento de la infraestructura de riego. Una gestión financiera adecuada permite mejorar la competitividad de la agricultura y garantizar la estabilidad financiera de los productores rurales (Li et al., 2022).

7.1.3. Subunidad 1.3: Indicadores integrales de sostenibilidad

Estos indicadores ofrecen un marco completo para analizar la sostenibilidad de los sistemas de riego en base a su aporte a las directrices CSA-IRA y ODS, lo que permite crear estrategias enfocadas en la mejora continua. A continuación, se presenta un análisis pormenorizado de 31 indicadores. Esta sección comprende la conceptualización, el método de cálculo y la unidad de medida para evaluar y aplicar en la práctica la sostenibilidad de los sistemas sanitarios de riego comunitario (Cachipuendo et al., 2025).

a. Productividad

La productividad es la proporción entre el rendimiento y la cantidad de agua servida en la parcela, que se expresa como eficiencia fisiológica (en unidades de masa por unidad de volumen utilizado) y está influenciada por el sistema de riego Es un concepto importante para entender el complejo sistema suelo-planta-atmósfera y diseñar buenas prácticas de conservación del agua, el término de productividad agrícola está intrínsecamente relacionado con el de productividad del agua, que no es más que la relación entre el volumen de alimentos producidos con respecto al agua utilizada(Correa et al., 2022).

b. Estabilidad

Capacidad del suelo para sostener sus agregados sin alteraciones ante fuerzas dañinas, humectación, impacto de las gotas de agua, calidad del agua, erosión y laboreo (Aragüés

Lafarga, 2012).El agua que tiende a disolver minerales se considera corrosiva, y la que tiende a depositarlos se considera incrustante. (Alsaqqar et al., 2014).

c. Confiabilidad

La confiabilidad se trata desde un único criterio de diagnóstico: los costos y los ingresos al sistema (Cachipuendo et al., 2025). El procedimiento tiene que ser lo más fiable posible, es decir, que sea complicado de modificar sus condiciones óptimas de trabajo, que tenga la habilidad de soportar caudales y cargas extremas y una dependencia mínima de tecnología u operaciones complejas

d. Resiliencia

La resiliencia hídrica se refiere a la capacidad de un sistema – ya sea empresa, comunidad o persona – en adaptarse, resistir y recuperarse ante crisis de calidad o disponibilidad de agua, como sequías, inundaciones o contaminación de fuentes hídricas. (Ivonne, 2021)La resiliencia se considera la respuesta inminente ante un desastre, por ello depende de qué tan preparada esté una sociedad para recuperarse anticipadamente; la velocidad de reacción resulta importante al momento de reaccionar (ONU HABITAT, 2016).

e. Adaptabilidad

El sector agrario se enfrenta a una creciente competencia por el agua, ya que es el mayor usuario de este recurso y está afectado por las consecuencias del cambio climático (Cachipuendo et al., 2025).La adaptación hídrica es el conjunto de estrategias, infraestructuras y políticas destinadas a reducir la vulnerabilidad de sistemas humanos y naturales frente a la variabilidad y al cambio de los recursos hídricos.Así como las plantas en ambientes secos se han adaptado para conservar agua, las plantas en ambientes húmedos se han adaptado para vivir con abundante agua.(Adaptaciones de Las Plantas a Entornos Con Agua Abundante | The Huntington, n.d.).

f. Equidad

El equilibrio con el agua se refiere a que todos los usuarios de las juntas de riego tengan un acceso justo, proporcionado y transparente al recurso hídrico, teniendo en cuenta sus derechos de agua, sus necesidades de producción y los estándares fijados por la organización (Aceldo & Farinango Guzmán, 2021)

Equidad significa que ciertos usuarios no sean privilegiados y que la distribución del agua beneficie a todos los miembros de la junta. Según Aceldo y Farinango (2021), los criterios de reparto del agua deben fundamentarse en principios de **reciprocidad, armonía y equidad social**, con el objetivo de evitar conflictos entre comunidades y garantizar una distribución justa del recurso hídrico.(Byron Andrés Aceldo Toromoreno, 2021)

g. La Autosuficiencia y Autogestión

La autosuficiencia es la habilidad de un individuo, grupo, comunidad o país para satisfacer sus propias necesidades sin depender de recursos externos. Aumenta la autonomía, permitiendo decisiones basadas en necesidades y prioridades propias del grupo(Martín Rossi, 2024).Es decir la condición o capacidad de algo o alguien para abastecerse de manera independiente, por sí mismo.(Verónica Gudiña, 2024).

Se entiende por autogestión el movimiento social, económico y político que tiene como método y objetivo que la empresa, la economía y la sociedad en general están dirigidas por quienes producen y distribuyen los bienes y servicios generados socialmente. La autogestión propugna la gestión directa y democrática de los trabajadores, en las funciones empresariales de planificación, dirección y ejecución. (Juan Pablo Hudson, 2010). La autogestión es fundamental para crear procesos en cooperación y atender a necesidades más allá de las locales (Adriana Sandoval Moreno María Griselda Günther, 2015).

7.2.Unidad 2: Gestión comunitaria y normativa ecuatoriana

7.2.1. Subunidad 2.1 : Juntas de riego en Ecuador

a. Origen

Ecuador ha trazado un rumbo claro en beneficio de la población en los años recientes, y esa orientación se refleja en toda la legislación. Por primera vez, la Constitución de 2008 define que el agua es un derecho humano fundamental e inalienable. Además, se considera como patrimonio nacional estratégico de carácter público, inalienable e indescriptible. La Ley de Recursos Hídricos, Consumo y Extracción de Agua fue promulgada en el año 2014, siguiendo estas reglas. Esto inicia el instrumento fundamental para cuidar de manera integral este ciclo de recursos, así como para establecer vínculos económicos y productivos fundamentados en la justicia. Además, permite una distribución equitativa de las riquezas y recursos nacionales. (Asamblea Nacional República del Ecuador, 2014)

El Reglamento garantiza el derecho de cada individuo a agua limpia y abundante, saludable, segura, asequible y accesible. Además, determina el cuidado de todos los ecosistemas que acumulan agua y la implicación de los ciudadanos en cada uno de los niveles de administración de recursos. Es una ley elaborada en cooperación con los ciudadanos, que cumple con los derechos constitucionales de la naturaleza y asegura la soberanía alimentaria y el derecho al agua para las futuras generaciones de ecuatorianos(Asamblea Nacional República del Ecuador, 2014).

La administración del agua en Ecuador ha progresado significativamente en las últimas décadas, lo cual se refleja en la constitución que reconoce el agua como un bien estratégico del Estado y un derecho humano esencial. La Constitución de la República del Ecuador establece que el agua es patrimonio nacional de uso público, inalienable, imprescriptible e inembargable, suponiendo con ello el inicio de una forma de gestión pública y social del recurso hídrico (Asamblea Nacional del Ecuador, 2022).

b. Funciones

Las juntas de riego en Ecuador desempeñan funciones técnicas, administrativas y sociales esenciales para gestionar de manera sustentable los recursos hídricos en una región agrícola. Su tarea primordial, desde un enfoque técnico y operativo, es la planificación, distribución y supervisión del agua de riego entre los usuarios a través de turnos, caudales y calendarios de distribución convenidos en conjunto. Este procedimiento permite maximizar la disponibilidad de recursos, disminuir las pérdidas causadas por ineficiencias y asegurar un acceso más justo, sobre todo en circunstancias de falta de agua. Asimismo, tienen la responsabilidad de hacer funcionar, mantener y rehabilitar la infraestructura de riego (como los embalses, las compuertas y los canales) para garantizar su eficacia del sistema y su continuidad en el tiempo. Estas funciones están reconocidas en el sistema de gestión comunitaria establecido por la normativa de aguas del Ecuador(Asamblea Nacional República del Ecuador, 2014).

c. Rol en la agricultura.

El rol de las juntas de riego en la agricultura ecuatoriana es muy importante porque constituyen el mecanismo local de gestión del agua más importante para la producción agrícola, especialmente en los sistemas agrícolas pequeños y medianos. Su función asegura el suministro oportuno de recursos hídricos en etapas críticas del ciclo de los cultivos, lo que incide directamente en la productividad, estabilidad y continuidad de la producción agrícola. En los casos en que la agricultura depende del riego, estas organizaciones aseguran la eficiencia de la distribución del agua a través de turnos fijos y contratos comunitarios, reduciendo las pérdidas de producción relacionadas con la escasez de agua y la variabilidad climática. Este papel ha sido ampliamente reconocido por la FAO, que destaca el riego organizado como un componente esencial de la capacidad de recuperación y la seguridad alimentaria de los sistemas agrícolas rurales (FAO, 2021).

7.2.2. Subunidad 2.2: Marco legal e institucional

a. Normativa vigente: Ley Orgánica de Recursos Hídricos

La Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Aprovechamiento del Agua (LORHUyA) en la herramienta principal normativo que que regula la administración integral del agua en Ecuador y determina una estructura jurídica que identifica los recursos hídricos como una herencia nacional esencial de uso público,, inalienable, indescriptible e confiscable. Este marco consolida un modelo de gobernanza en el que el Estado ejerce una gobernanza exclusiva sobre el agua y garantiza su gestión conforme a los principios de justicia, sostenibilidad y consumo humano y soberanía alimentaria. En este sentido, la ley marca cambios estructurales en la administración de los recursos relacionados con el agua, prohibiendo su privatización y aplicando su uso a los fines sociales y productivos del Estado (Asamblea Nacional República del Ecuador, 2014)

Desde el perspectiva de vista institucional y de gestión, LORHUyA establece un vínculo entre el Estado y las organizaciones públicas de usuarios, reconociendo la participación de las autoridades de agua y de riego como actores principales la operativida de los recursos del agua a la estructura teritorial. También prioriza el uso del agua, priorizando el consumo humano, seguido del riego para la soberanía alimentaria y otros usos productivos, reforzando su enfoque social y estratégico.La aplicación de estas normas se complementa con la actividad de la Agencia de Regulación y Control de Aguas (ARCA) como organismo técnico supervisor, que garantiza la implementación efectiva de la política hídrica nacional(Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA), 2024).

b. Usos y Aprovechamiento del Agua; reglamentos y disposiciones del SENAGUA/ANA: Prioridad del uso del recurso hídrico.

La Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua establece que, para asegurar el derecho humano al agua y la sostenibilidad ambiental, se debe respetar un

orden de prioridad en su uso. De acuerdo con los artículos 86 y 87, el consumo humano es lo primero en ser considerado, después viene el riego para la soberanía alimentaria, luego el caudal ecológico y por último las actividades de producción e industria. El objetivo de esta disposición es garantizar que la distribución del agua en el país sea equitativa y justa (Asamblea Nacional del Ecuador, 2014)

c. Conservación de fuentes hídricas.

La ley reconoce el derecho de la naturaleza a que el agua sea conservada y determina acciones obligatorias para proteger las fuentes de agua. Según los artículos 64, 65 y 66, es necesario preservar ecosistemas vinculados con el ciclo del agua, como humedales, cuencas hidrográficas, manglares y páramos. Asimismo, se propone preservar el caudal ecológico y prevenir cualquier forma de contaminación o deterioro ambiental que pueda dañar las fuentes de agua. Los seres humanos tienen acceso a los recursos hídricos y la biodiversidad se preserva gracias a estas medidas (Asamblea Nacional del Ecuador, 2014)

d. Autorizaciones de uso y aprovechamiento del agua

Esta legislación determina que cualquier entidad pública, organización comunitaria, persona jurídica o natural que necesite el uso de agua debe adquirir una autorización emitida por la Autoridad Única del Agua. Las autorizaciones mencionadas en los artículos 67 y 68 permiten, de manera legal, la captación, el transporte, el almacenamiento y el uso del recurso hídrico. Además, SENAGUA debe comprobar la existencia de agua y que se cumplan las exigencias técnicas y ambientales antes de conceder permisos para su uso y aprovechamiento (Asamblea Nacional del Ecuador, 2014)

e. Medición de caudales.

Los usuarios autorizados están obligados a cumplir con los volúmenes de agua aprobados y a cooperar con los sistemas de control dispuestos por la Autoridad Única del Agua, según lo establecen las disposiciones del reglamento. De acuerdo con los artículos 68 y 70, se

llevan a cabo controles e inspecciones técnicas para comprobar que el recurso hídrico se esté utilizando correctamente y evitar la sobreexplotación o el uso ilegal del agua. Estas acciones aseguran que el caudal disponible se distribuya de manera eficaz y sostenible (Asamblea Nacional del Ecuador, 2014).

f. Participación comunitaria.

La participación de las comunidades, las juntas de agua y las organizaciones de usuarios en la gestión y manejo del agua es reconocida por la Ley Orgánica de Recursos Hídricos. La Autoridad Única del Agua debe consultar a las organizaciones comunitarias en lo que respecta a la administración integrada de los recursos hídricos, según lo estipulado en los artículos 68, 69 y 70. Para reforzar el control comunitario del agua, también se fomenta la formación, organización e intervención de la sociedad mediante juntas de cuenca y sistemas de supervisión por parte de los ciudadanos (Asamblea Nacional del Ecuador, 2014).

7.2.3. Subunidad 2.3: Gobernanza y participación comunitaria

La gobernanza del agua se refiere al conjunto de procesos, instituciones y mecanismos a través de los cuales diversos agentes sociales participan en la toma de decisiones relacionadas con el uso, distribución y conservación de los recursos hídricos. La gobernanza eficaz promueve la coordinación entre gobiernos, organizaciones comunitarias y usuarios del agua, lo que permite una gestión más sostenible y equitativa. Estudios recientes muestran que la participación activa de los usuarios fortalece la habilidad de gestionar los sistemas de riego por sí mismos y optimizar la sostenibilidad de los recursos compartidos (Wang & Chen, 2021a)

La gestión integrada del agua se basa en la participación de la comunidad, pues esta posibilita que las comunidades locales participen en el control, planificación y administración de los sistemas hídricos. Incluir a los usuarios en el proceso de toma de decisiones dentro de los sistemas de riego comunitarios promueve una distribución más equitativa del agua, reduce los conflictos y fortalece las organizaciones locales. Además, el autogobierno de las

comunidades locales facilita la adaptación a cuestiones como la escasez de agua y el cambio climático (Imburgia et al., 2021)

En Ecuador, diversos estudios muestran que la gestión local del agua brinda una oportunidad para crear sinergias entre las instituciones públicas y la ciudadanía, fomentando la administración completa de los recursos y la preservación de las fuentes de agua. La situación de la parroquia de Angochagua en la provincia de Imbabura demostró que la cooperación entre comunidades locales, gobiernos locales y organizaciones sociales fortaleció la gestión ambiental y mejoró la cultura de conservación del agua, generando beneficios sociales, económicos y ambientales para las personas (Andrade-Figueroa, 2020).

La inclusión social y la equidad son elementos fundamentales de la administración del agua. La implicación de las mujeres en la administración del agua y en las agrupaciones comunitarias tiene un impacto positivo importante en la sustentabilidad de los sistemas de gobernanza; no obstante, subsisten obstáculos culturales y sociales que restringen su presencia en roles de liderazgo. La investigación en Ecuador indica que, a pesar de los avances en la legislación, aún persisten retos para conseguir que las mujeres participen activamente en la administración comunitaria del agua (Martínez-Moscoso & Abril Ortiz, 2020).

a. Organización de usuarios: liderazgo, conflictos y cooperación.

Las organizaciones de usuarios de agua son entidades comunitarias encargadas del manejo, la distribución y el monitoreo del empleo apropiado de los recursos acuáticos, especialmente en los sistemas de riego. Estas entidades aseguran un manejo del agua más eficaz y sostenible, al tiempo que promueven la participación de los agricultores en el proceso de toma de decisiones. En estas asociaciones, el liderazgo es crucial para organizar actividades, fomentar la observancia de estándares y hacer valer los intereses de los usuarios tanto en entidades privadas como públicas. Estudios recientes demuestran que una administración

inclusiva y participativa contribuye a la sostenibilidad y el fortalecimiento de la gobernanza de los sistemas de riego (Akuriba et al., 2022).

Los conflictos entre usuarios suelen surgir por desacuerdos relacionados con la distribución del recurso hídrico, infracción de los horarios de riego., mantenimiento de infraestructuras o recursos insuficientes. Estos conflictos pueden afectar el funcionamiento de las organizaciones y socavar la confianza entre los miembros. Sin embargo, la existencia de reglas claras, mecanismos de negociación y espacios para el diálogo reduce significativamente las disputas y fortalece la gobernanza colectiva. La investigación en sistemas de riego locales muestra que la falta de coordinación institucional puede aumentar los conflictos internos y debilitar la cooperación entre los usuarios (Andrade-Figueroa, 2020).

La cooperación constituye la base del desempeño de las organizaciones de usuarios. Los agricultores colaboran en la limpieza de la infraestructura, el mantenimiento del canal, el seguimiento del sistema y los pactos comunitarios por medio de acciones colectivas. La colaboración hace más fuerte el capital social y mejora la capacidad de las comunidades locales para adaptarse a retos tales como el incremento de la demanda de agua, la sequía o el cambio climático. El estudio acerca de la gobernanza comunitaria destaca que una combinación de instituciones fuertes y el involucramiento activo de los usuarios propician resultados más favorables en lo que respecta a la administración de recursos hídricos (Wang & Chen, 2021).

7.3.Unidad 3: Evaluación de sostenibilidad hídrica

7.3.1. Subunidad 3.1: Metodologías de evaluación

Para establecer si los recursos hídricos se están usando de forma justa, responsable con el medio ambiente y eficaz, es fundamental evaluar la sostenibilidad del agua. Estos métodos permiten el examen simultáneo de los elementos físicos, económicos, sociales e institucionales que impactan la administración del agua. Asimismo, contribuyen con información valiosa para

la planificación, el monitoreo y la toma de decisiones en los sistemas de riego, lo que ayuda a asegurar que el recurso esté disponible para las próximas generaciones (Silva et al., 2020).

a. Índice de Eficiencia de Uso del Agua (ÍEUA)

El índice de eficiencia hídrica (ÍEUA) evalúa la relación entre la producción agrícola alcanzada y la cantidad de agua utilizada en el proceso de riego. Este indicador permite determinar con qué eficiencia los cultivos convierten el agua consumida en rendimientos productivos, lo cual es una herramienta esencial para medir la sostenibilidad de los sistemas agrícolas. Los valores altos indican una mayor productividad por unidad de agua utilizada, mientras que los valores bajos pueden reflejar pérdidas de agua, un manejo inadecuado del riego o limitaciones en el desarrollo de los cultivos (Xiong et al., 2021)

b. Índice de estrés por falta de agua

El indicador de estrés hídrico calcula la presión que la demanda de agua impone sobre los recursos hídricos disponibles en un área específica. Este indicador se determina considerando la relación entre el volumen de agua extraída y el total de agua disponible. Esto posibilita detectar casos en los que hay escasez o sobreexplotación del recurso. Un elevado nivel de estrés hídrico señala que la demanda se está aproximando o sobrepasando la capacidad de regeneración natural del sistema, lo cual supone riesgos para la sustentabilidad de las actividades agrícolas y otros usos del agua (M. Li et al., 2020).

c. Índice de Sostenibilidad Hídrica (ISH)

Incorpora indicadores que están vinculados a la calidad, gestión, disponibilidad y capacidad del agua para valorar la sostenibilidad de los recursos hídricos en una zona específica. Este indicador ofrece una perspectiva completa del estado del sistema hídrico, posibilitando que se detecten las debilidades y fortalezas de la gestión del agua, y propiciando la creación de políticas orientadas a su conservación y uso sostenible (Silva et al., 2020).

d. Índice de Calidad del Agua para los regadíos.

es una herramienta utilizada para determinar la conveniencia del agua para el uso agrícola, tomando en cuenta diferentes parámetros químicos, físicos y biológicos. El pH, la conductividad eléctrica, la proporción de sodio absorbido, la concentración de sales en disolución y la existencia de elementos que podrían ser tóxicos son algunas de las variables más relevantes. La combinación de estas variables nos ayuda a establecer si el agua es apta para ser usada en riego sin que cause un impacto negativo sobre los suelos o las cosechas (Vallesquino-Laguna et al., 2021).

e. Matrices y herramientas aplicadas en sistemas de riego; Matriz de Sostenibilidad del Riego (SIM)

La smart sustainable irrigation matrix (SIM) es una herramienta de evaluación multicriterio diseñada para analizar la sostenibilidad de diferentes sistemas de riego. Esta matriz integra indicadores ambientales, económicos y sociales, permitiendo comparar tecnologías de riego con base en criterios como la utilización de energía, el coste operativo, la productividad agrícola, la eficiencia del uso del agua y las repercusiones en el medio ambiente. El uso de su aplicación hace más fácil la elección de alternativas que ayuden a lograr el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y al empleo sostenible de los recursos hídricos (Heiba et al., 2023).

f. Matriz de Análisis Jerárquico de Procesos (AHP)

Es una herramienta que se utiliza para valorar y escoger alternativas en sistemas de riego, haciendo comparaciones entre diversos criterios técnicos, ambientales, sociales y económicos. Su metodología permite asignar importancia relativa a variables como la sostenibilidad agrícola, los costos de implementación, la generación de empleo, la disponibilidad de agua y la productividad. Gracias a su capacidad para combinar múltiples

criterios, AHP se ha vuelto una de las herramientas más empleadas para respaldar el proceso decisional en la gestión y planificación de sistemas de riego (Veisi et al., 2022)

g. Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Son instrumentos tecnológicos que posibilitan la recolección, almacenamiento, análisis y representación de datos espaciales vinculados a los recursos hídricos. Los SIG se emplean en sistemas de riego para determinar zonas con escasez de agua, trazar redes de distribución, analizar la eficacia del transporte y ayudar a la planificación territorial. Su habilidad para combinar información ambiental y geográfica los hace herramientas esenciales para manejar el agua de manera sostenible (Usman et al., 2020).

7.3.2. Subunidad 3.2: Experiencias en Ecuador y Latinoamérica

Los métodos de gobernanza que se implementan a nivel local desempeñan un papel importante en la sostenibilidad del agua, según las experiencias de gestión hídrica que se han llevado a cabo en Ecuador. En el país, existen varios sistemas de gestión: públicos, comunitarios, privados y mixtos. Cada uno de ellos es adecuado para distintas circunstancias sociales y geográficas. La gestión del recurso hídrico, particularmente en áreas rurales donde el acceso al agua depende de la colaboración entre los usuarios y de las acciones colectivas, se ha podido robustecer gracias a la intervención de organizaciones comunitarias (Pinos, 2020).

En Latinoamérica, la administración integrada de los recursos acuáticos se ha afianzado como una estrategia fundamental para enfrentar problemas de escasez, conflictos por el agua y degradación ambiental. Los estudios regionales muestran que la coordinación entre instituciones públicas, usuarios y comunidades locales contribuye significativamente a mejorar la sostenibilidad de los sistemas de abastecimiento y riego, especialmente en contextos de alta vulnerabilidad climática (“Gestión Integrada de Recursos Hídricos y Gobernanza: Subcuenca Del Río Vinces, Provincia Los Ríos-Ecuador,” 2021)

a. Casos de éxito y aprendizajes relevantes; Riego tecnificado.

La modernización de los sistemas de riego, mediante la implementación de tecnologías como el regado por goteo, la optimización del sistema hidráulico y la automatización, ha permitido un uso más eficiente del agua, una reducción en las pérdidas y un mejor rendimiento durante periodos secos. Estos ejemplos demuestran que la tecnificación contribuye significativamente a la resiliencia y sostenibilidad de los sistemas de riego (Hoffmann & Villamayor-Tomas, 2020).

b. Gestión comunitaria del riego

Si los usuarios participan activamente en el mantenimiento de la infraestructura, la distribución del agua y la toma de decisiones, se fortalece la gobernanza de los sistemas de riego y se logra una repartición más equitativa del agua. Los modelos de gestión comunitaria han demostrado que son eficientes, cooperativos y sostenibles en el tiempo.

7.3.3. Subunidad 3.3: Aplicación en la Junta de Riego del Canal Norte

El sistema de riego más relevante de la parroquia San Lorenzo de Tanicuchí es la Junta de Riego del Canal Norte, que tiene un caudal cercano a los 630 L/s y proporciona beneficios a 2730 usuarios en áreas como Cajón de Veracruz, Río Blanco Alto, El Vergel, Santa Clara, Santa Ana, San Pedro, Lasso, Centro Parroquial, Rayo Cruz y San Andrés. Asimismo, proporciona agua para una superficie de riego cercana a las 897,83 hectáreas, que se utilizan sobre todo para actividades pecuarias y agrícolas; esto demuestra lo relevante que es para el desarrollo productivo local (GAD Parroquial San Lorenzo de Tanicuchí, 2024)

La implementación de tácticas para la sostenibilidad hídrica en la Junta de Riego del Canal Norte puede centrarse en el mantenimiento regular de las instalaciones, la tecnificación del riego y el empoderamiento de los usuarios. Estas medidas facilitarían optimizar el empleo del agua, disminuir las pérdidas durante la conducción y distribución, y asegurar una administración más justa y sostenible del recurso hídrico para los campesinos de la parroquia.

De igual manera, la colaboración con las entidades encargadas del riego en la provincia ayudaría a robustecer la gobernanza y a preservar el sistema de manera sostenida (GAD Parroquial San Lorenzo de Tanicuchí, 2024)

8. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS

¿Cuál es el nivel de sostenibilidad de la Junta de Riego del Canal Norte de la parroquia de Tanicuchí en el periodo 2025-2026, considerando las dimensiones económica , ambiental, social y tecnológica?

9. METODOLOGÍA

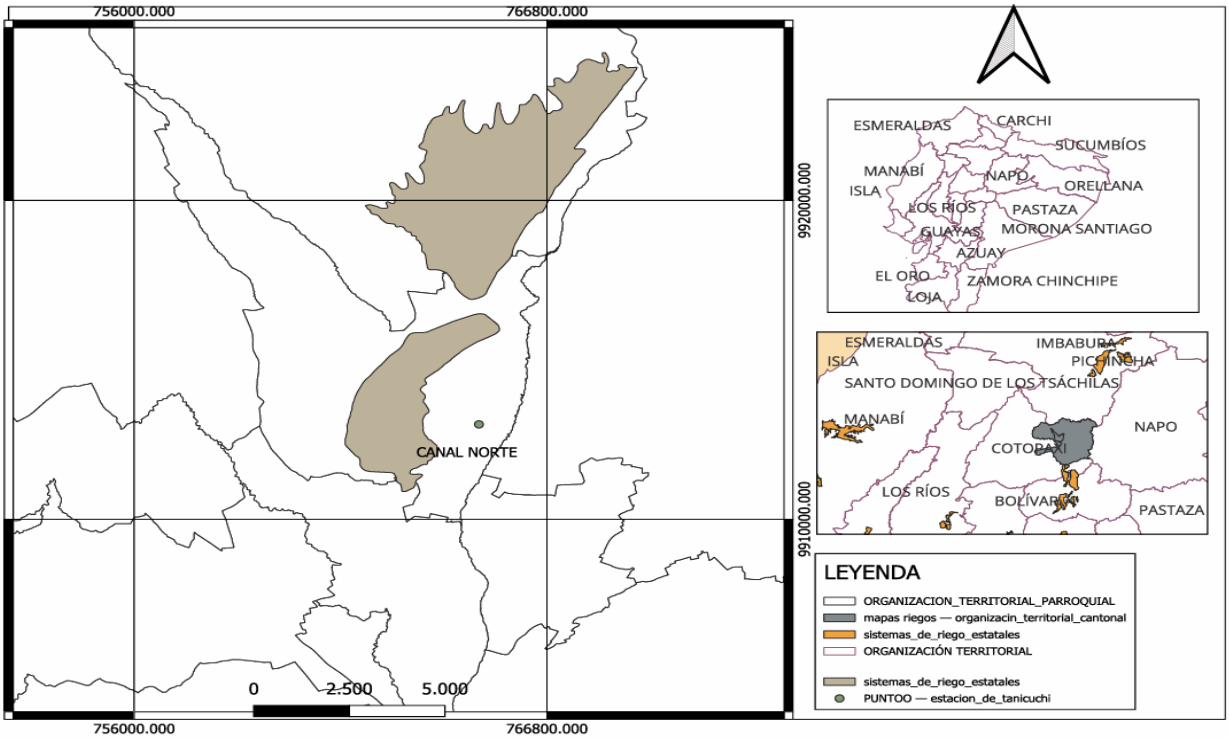
9.1.Área de estudio

La parroquia San Lorenzo de Tanicuchí, que forma parte del cantón Latacunga y se halla en la provincia de Cotopaxi, fue el lugar donde se realizó la investigación. Esta parroquia, que se localiza en el callejón interandino, tiene una extensión de 5.374,87 hectáreas (GAD Parroquial San Lorenzo de Tanicuchí, 2024) y su altitud fluctúa entre los 2.920 y los 4.040 metros por encima del nivel del mar. La temperatura varía entre 14 y 22 °C, lo que indica que el clima es frío templado; además, se ve afectado por la topografía montañosa propia de la región andina (Goraym. La ubicación estratégica del territorio entre las cordilleras Central y Occidental define su dinámica ecológica y productiva.

La economía de Tanicuchí se sustenta principalmente en la agricultura y la ganadería, actividades que representan el 41 % de los ingresos familiares (Figueroa Uribe Geomaira Gabriela, 2022). En la producción agrícola destacan cultivos como papa, cebolla blanca, haba, maíz y pastos. La parroquia alberga también importantes industrias lácteas como La Avelina, Indulac e Indulac, que dinamizan la economía local (GAD Tanicuchi, 2024). En cuanto al acceso al agua, el 76 % de los regantes utiliza riego por aspersión y un 22 % mantiene sistemas de riego por gravedad, reflejando la dependencia de infraestructuras comunitarias e intercomunitarias construidas mediante mingas (Figueroa Uribe Geomaira Gabriela, 2022)

El régimen hídrico de Tanicuchí se caracteriza por precipitaciones que oscilan entre 500 y 1000 mm anuales, propias de un clima mesotérmico semi frío (Chiluisa Fernando, 2022). Estudios ambientales señalan que la zona presenta una fuerte intervención antrópica debido a la expansión agrícola, lo que ha reducido significativamente los remanentes de vegetación nativa (CELEC EP, 2021). Estas condiciones hacen que la gestión del agua sea un factor crítico para la seguridad alimentaria y la sostenibilidad productiva de la parroquia.

Gráfica 1: *Área de estudio parroquia San Lorenzo de Tanicuchí*



Fuente: Elaboración propia con base en información del (GAD Parroquial San Lorenzo de Tanicuchí, 2024).

9.2.Método inductivo

El método inductivo permitió analizar los resultados obtenidos en los sistemas de riego por aspersión, goteo y gravedad. Se determinó la conducta de cada sistema a partir de los indicadores de las dimensiones económica, social, tecnológica y ambiental; luego, con fundamento en esos resultados específicos, se llegó a una conclusión general acerca del grado de sostenibilidad de la Junta de Riego Canal Norte..

9.3.Método deductivo

El método deductivo se aplicó tomando como referencia los fundamentos teóricos y los indicadores de sostenibilidad establecidos para la investigación. Con estos criterios se evaluó el desempeño de los sistemas de riego por aspersión, goteo y gravedad en las dimensiones económica, ambiental, social y tecnológica. Finalmente, los resultados obtenidos permitieron determinar y comparar el nivel de sostenibilidad de cada sistema de riego.

9.4.Recopilación de información

Se realizó la recopilación de datos primarios mediante encuestas y entrevistas semiestructuradas dirigidas a los líderes de las juntas de agua y a los consumidores del sistema de riego en la parroquia San Lorenzo, que se encuentra en el cantón Latacunga, provincia Cotopaxi. Se definieron en una etapa temprana los objetivos de la investigación y las necesidades de información relacionadas con la sostenibilidad del sistema de riego, el uso del agua y los costos de producción agrícola. Se elaboró una guía para la recolección de datos, que está estructurada en ejes temáticos y cubre aspectos económicos, sociales, ambientales y de producción asociados con la gestión del agua y las actividades agrícolas de la parroquia.

Los 2.730 usuarios que formaron parte de la investigación pertenecían a la Junta de Riego del Canal Norte, en la parroquia San Lorenzo de Tanicuchí. La fórmula para poblaciones finitas sugerida por (Hernández Sampieri & Mendoza Torres, 2018) Se empleó para determinar la dimensión de la muestra:

$$n = \frac{NZ^2pq}{e^2(N-1) + Z^2pq} \quad (1)$$

Donde: n = tamaño de la muestra; N = número total de usuarios (2.730); Z = nivel de confianza (1,96); p = probabilidad de ocurrencia (50%); q = probabilidad de no ocurrencia (50%); y e = margen máximo permitido.

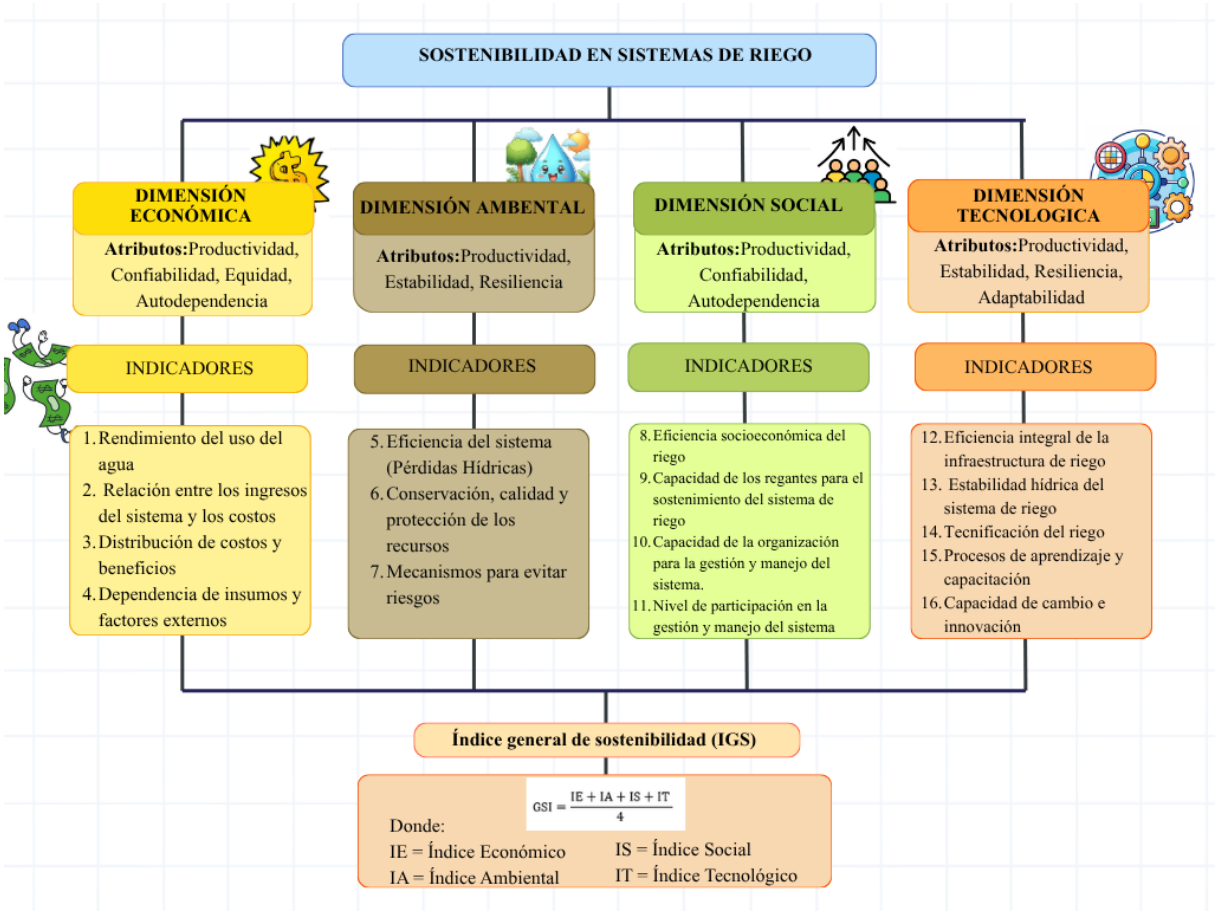
A pesar de que la fórmula establece un tamaño teórico de muestra, se llevaron a cabo 150 encuestas presenciales en varias áreas de la parroquia, visitando a los residentes casa por casa. Esto fue posible gracias a la disponibilidad de los usuarios y a las condiciones favorables para realizar el trabajo de campo, lo cual permitió obtener datos suficientes para analizar los indicadores de sostenibilidad.

A lo largo de la aplicación del instrumento, se fomenta un diálogo abierto con los participantes, lo que posibilitó añadir a la información cuantitativa las vivencias y puntos de perspectiva de los usuarios acerca de la gestión del agua y la producción agrícola. Más adelante, los datos adquiridos fueron procesados, organizados y cotejados con la información entregada por sus líderes y con los registros de las juntas de agua para comprobar la fiabilidad y coherencia de los resultados a través de un procedimiento de triangulación. Los costos de producción de los cultivos principales de la parroquia, las características vinculadas a la sostenibilidad del sistema de riego en el área estudiada y los usos más comunes del agua fueron determinados gracias a los datos recolectados.

9.5.Índice General de Sostenibilidad (IGS)

Se determinó la sostenibilidad del sistema de riego a través de una modificación del Índice General de Sostenibilidad (IGS) en conformidad con el método que (Sarandón & Flores, 2014)propusieron . Esta metodología combina varias dimensiones para analizar de forma completa el rendimiento de un sistema a través de indicadores concretos. El modelo fue ajustado en la investigación actual para que se adecuara a las particularidades de los sistemas de riego comunitarios.

Gráfica 2: *Esquema metodológico.*



Fuente: Elaboración propia

La modificación aplicada consistió en incorporar una nueva dimensión correspondiente al índice tecnológico, debido a que la metodología original considera principalmente las dimensiones ambiental, económica y social. La incorporación de este aspecto posibilitó el análisis de elementos relacionados con la tecnología, la infraestructura de riego, la eficacia en el empleo de agua, la conservación y la puesta en marcha de tecnologías dentro de la entidad comunitaria. Por lo tanto, en este estudio se determinó el Índice General de Sostenibilidad teniendo en cuenta cuatro aspectos: el tecnológico, el social, el económico y el medioambiental. Esto se hizo ajustando el modelo de Sarandón a la realidad del sistema de riego Canal Norte.

Se logró obtener el Índice General de Sostenibilidad a través de la expresión que

$$GSI = \frac{IE + IA + IS + IT}{4} \quad (2)$$

Donde:IGS = Índice General de Sostenibilidad; IE = Índice Económico; IA = Índice Ambiental; IS = Índice Social; IT = Índice Tecnológico.

La Tabla 2 muestra la estructura de evaluación de la sostenibilidad del sistema de riego, que incluye cuatro aspectos: el ambiental, el social, el económico y el tecnológico. Cada dimensión está compuesta por indicadores y atributos que posibilitan la evaluación del rendimiento del sistema de riego a partir de distintos puntos de vista vinculados con la productividad, confiabilidad, adaptabilidad, resiliencia, estabilidad, equidad y autodependencia.

Tabla 2: *Indicadores que agrupan las dimensiones económicas, ambientales, sociales y tecnológicas.*

DIMENSIÓN	**ATRIBUTO**	**INDICADOR**
DIMENSIÓN ECONÓMICA	**P:Productividad**	P1: Rendimiento del uso del agua
	C:Confiabilidad	C1: Relación entre los ingresos del sistema y los costos
	Eq:Equidad	Eq1: Distribución de costos y beneficios
	A: Autodependencia (autogestión)	A1: Dependencia de los factores externos y de los insumos
DIMENSIÓN AMBIENTAL	**P: Productividad**	P1: Eficiencia del sistema (Pérdidas Hídricas)
	E: Estabilidad	E1: Preservación, salvaguarda y calidad de los recursos

	R:Resiliencia	R1: Mecanismos para evitar riesgos
DIMENSIÓN SOCIAL	**P: Productividad**	P1: Eficiencia socioeconómica del riego
	C: Confiabilidad	C1: Capacidad de los regantes para el sostenimiento del sistema de riego
	A: Autodependencia (autogestión)	A1: Capacidad de la organización para la gestión y manejo del sistema. A2.- Nivel de participación en la gestión y manejo del sistema
DIMENSIÓN TECNOLÓGICA	**P: Productividad**	P1.- Eficiencia integral de la infraestructura de riego
	E: Estabilidad	E1.- Estabilidad hídrica del sistema de riego
	R: Resiliencia	R1.- Tecnificación del riego
	Ad: Adaptabilidad	Ad1.- Procesos de aprendizaje y capacitación Ad2.- Capacidad de cambio e innovación

Fuente: Elaboración propia, adaptado de (Cachipuendo et al., 2025)

Los indicadores elegidos facilitaron una evaluación completa de la sostenibilidad de la Junta de Riego Canal Norte, teniendo en cuenta no solo el manejo de los recursos existentes, sino también la habilidad del sistema para seguir funcionando, ajustarse a variaciones y asegurar un uso eficaz del agua.

La dimensión política en la evaluación de la sustentabilidad de los sistemas de riego es importante en lo que concierne a la gobernanza, la gestión institucional, el cumplimiento regulatorio y la toma de decisiones. Sin embargo, al llevar a cabo la investigación se constató que esta dimensión no era susceptible de ser evaluada con objetividad, pues el método utilizado fue creado únicamente para examinar las dimensiones social, económica, ambiental y tecnológica.

En lo político se puede evaluar la sostenibilidad de los sistemas de riego, por su relevancia en la gobernanza, la estructura institucional y la observancia de las leyes sobre el agua que estén en vigor. En este aspecto, se podrían incluir indicadores relacionados con la administración de la junta de riego, el cumplimiento de las regulaciones puestas por la Autoridad Única del Agua, el reparto equitativo del agua, la participación de los usuarios y la claridad al momento de decidir. Según el (Asamblea Nacional República del Ecuador, 2014) la gestión del recurso hídrico tiene que fomentar la equidad, la eficiencia y la implicación de las comunidades en el uso del agua con el fin de reforzar la sostenibilidad de las entidades de riego.

9.6.Rangos de clasificación

Se tuvieron en cuenta los resultados del Índice General de Sostenibilidad (IGS) conforme al nivel de dependencia que la organización tiene con respecto a los recursos externos para operar, mantener e invertir en el sistema de riego. Para su análisis, se definieron tres categorías: baja, media y alta sostenibilidad. Estas clasificaron la capacidad de autogestión y autosuficiencia de la Junta de Riego Canal Norte.

Tabla 3: *Rangos de clasificación del Índice General de Sostenibilidad.*

Sostenibilidad	**Rango IGS**	**Criterio de evaluación**

Baja	< 1	La organización depende de recursos externos para la operación, mantenimiento e inversiones; no realiza inversión con recursos propios.
Media	1 a 3	La organización realiza reinversiones parciales con recursos propios, pero aún requiere apoyo externo para cubrir parte de la operación, mantenimiento o mejoras del sistema.
Alta	> 3	La organización financia con recursos propios la operación, mantenimiento y reinversión del sistema de riego, presentando baja o nula dependencia de recursos externos.

Fuente: Elaboración propia, adaptado de (Sarandón & Flores, 2014)

Se clasificaron los resultados del Índice General de Sostenibilidad (IGS) en función de cuán dependiente es la organización de los recursos externos. Esta categorización posibilitó establecer el nivel de sostenibilidad de la Junta de Riego Canal Norte a través de tres categorías: alta, media y baja. Para ello, se tuvo en cuenta la capacidad para costear con recursos propios el funcionamiento, mantenimiento y reinversión del sistema de riego.

9.7.Criterios de sostenibilidad

Los estándares de sostenibilidad son un conjunto de indicadores que permiten evaluar de manera amplia el funcionamiento de un sistema de riego a través de las dimensiones social, económica, ambiental y tecnológica. Estas dimensiones facilitan el análisis de la efectividad en el uso de recursos, la accesibilidad al agua, la participación de los usuarios y el nivel de tecnificación del sistema. Su evaluación permite identificar fortalezas y debilidades que contribuyen a la toma de decisiones para administrar el recurso del agua de forma sostenible (SISTEMA DE GESTIÓN, 2024).

9.7.1. Dimensión económica

a. Relación retorno económico y volumen de agua utilizada

La productividad económica del agua hace posible establecer el beneficio económico que cada unidad de volumen de agua empleada en la producción agrícola genera. Este indicador es un instrumento clave para analizar la eficacia económica en el uso del agua y la viabilidad financiera de los sistemas de riego. Su implementación ayuda a comparar sistemas de producción diversos y posibilita que se detecten opciones que optimicen el valor del agua utilizada (Clothier et al., 2020).

Se desglosa la siguiente ecuación:

$$Y1 = \frac{Utilidad\ (USD)}{V\ (m^3)} \quad (3)$$

Donde: Y1 = Retorno económico del agua (USD/m³);Utilidad = Utilidad obtenida (USD);V = Volumen de agua utilizado (m³)

b. Utilidad obtenida de las encuestas de los productores

La utilidad neta representa el beneficio económico obtenido por los productores después de descontar todos los costos incurridos durante el proceso productivo. Para calcularlo, se tomaron en cuenta los ingresos totales obtenidos de la producción agrícola y los costos totales relacionados con el cultivo, que incluyen insumos, mano de obra, riego, mantenimiento y otros gastos operativos. Además de calcular el rendimiento económico del agua empleada, este indicador es fundamental para determinar la rentabilidad auténtica de la actividad agrícola (Bekchanov, 2024) .

c. Relación del volumen de agua usada con el número de empleos generados.

La proporción entre el volumen de agua requerido y la cantidad de empleos creados es un indicador que facilita la evaluación del aporte social del recurso hídrico en los sistemas productivos agrícola.

Este indicador muestra la relación entre el volumen de agua usado en la producción y la cantidad de empleos o jornales creados a lo largo del ciclo productivo, lo que posibilita examinar cuán eficiente es el uso del agua para generar beneficios sociales en el sector agrícola. Para determinar este indicador, fue esencial cuantificar la cantidad total de agua empleada y la cifra de trabajos o jornales que las actividades productivas realizadas en el área de estudio produjeron. Su análisis permite evaluar el efecto del riego en la prosperidad rural y la creación de oportunidades de empleo, ya que es posible expresar también la productividad del agua en términos de beneficios económicos y sociales adquiridos por cada unidad de agua empleada (Clothier et al., 2020).

d. Cantidad de trabajos o jornales creados

El jornalero es el volumen de trabajo humano requerido para realizar las diferentes tareas agrícolas, que incluyen el cuidado del terreno, la siembra, la fertilización, el riego, el control fitosanitario, el mantenimiento y la cosecha. Esta información se puede conseguir a través de encuestas realizadas a los productores o bien por medio de la documentación de las tareas llevadas a cabo en el ciclo productivo.

e. Cantidad de agua empleada (V)

El volumen de agua consumido es la cantidad total de agua que se usa para cubrir las necesidades hídricas de los cultivos durante el periodo analizado. Este valor puede ser calculado usando la demanda hídrica que se ha estimado para los cultivos o a través de registros de riego, que se han obtenido mediante el caudal y el tiempo de aplicación del agua

Se llevará a cabo utilizando la siguiente fórmula

$$Y2 = \frac{Empleos\ (u)}{V\ (m^3)} \quad (4)$$

Donde:Y2 = Relación volumen de agua-leo (m³/jornal) V(m^3)= Volumen de agua utilizado (m³)**;**Empleos (u) = Número de empleos o jornales generado.

f. Relación beneficio costo

La evaluación es facilitada por la relación entre el costo y el beneficio, que es un indicador económico de la rentabilidad de un sistema o proyecto de riego mediante la comparación entre los costos que se han asumido y las ventajas obtenidas. Este indicador se emplea en gran medida para valorar la viabilidad económica de las inversiones agrícolas y respaldar las decisiones vinculadas a la administración de los recursos productivos e hídricos (Fernández et al., 2020).

Ingresos totales (IT)

Los ingresos totales son el valor monetario que se obtiene de la venta de la producción agrícola en el periodo de estudio. Este valor fue calculado tomando en cuenta el volumen de producto vendido y su correspondiente precio de venta, que representa la ganancia bruta producida por la actividad productiva.

Fórmula que incorpora el ingreso

$$IT = P * Q \quad (5)$$

donde:

- **IT** = Ingresos totales (USD)
- **P** = Precio de venta del producto (USD/kg, USD/qq, USD/t, etc.)
- **Q** = Cantidad producida

Los ingresos totales se calcularon con base en el valor económico que produce la venta de las cosechas agrícolas obtenidas por los usuarios del sistema de riego. Se tuvo en cuenta la cantidad producida de cada cultivo y el precio que este tenía en el mercado para calcularlo.

Costos totales (CT)

La totalidad de los costos incluye todos los costos generados a lo largo del proceso de producción. Entre estos costos se encuentran los asociados con la mano de obra, el

mantenimiento, los fertilizantes, las semillas, el riego y otros trabajos que son imprescindibles para la producción agrícola.

Fórmula:

$$\frac{B}{C}(USD) = \frac{IT}{CT} \quad (6)$$

Dónde:C = Relación beneficio-costo;IT = Ingresos totales (USD);CT = Costos totales (USD)

g. Monto de inversión por usuario de riego.

Establecer cuáles son los recursos financieros que se asignan a cada beneficiario del sistema. Este indicador permite que se evalúe si los recursos invertidos proporcionan a los usuarios beneficios apropiados y ayuda a analizar la eficacia económica, la distribución de las inversiones y la sostenibilidad financiera de los sistemas de riego. Las investigaciones más recientes subrayan la relevancia de tener en cuenta los beneficios económicos y los costos de inversión para mejorar la administración de los recursos hídricos en el sector agrario (Paoletti & Shortridge, 2020).

Costos totales (CT

Los costos totales son el valor económico que se invierte en la operación, mantenimiento, administración y otras actividades requeridas para asegurar el desempeño del sistema de riego. Estos costos pueden abarcar los costos asociados a la infraestructura hidráulica, al mantenimiento de obras y materiales, así como a equipos, personal administrativo y actividades relacionadas con la gestión del recurso hídrico.

h. Cantidad de usuarios del sistema de riego (NUSR)

La cantidad de personas que usan el sistema de riego es igual a la cifra total de beneficiarios inscritos en la organización encargada del manejo del agua. Esta variable simboliza a los productores que pueden acceder al servicio de riego y que toman parte en la utilización y el aprovechamiento del agua.

Se realizó el cálculo del indicador a través de la expresión siguiente, una vez que se habían adquirido los costos totales del sistema y el total de usuarios registrados:

$$MIUR = \frac{Costos\ totales}{NUSR} \quad (7)$$

MIUR = Monto de inversión por usuario de riego (USD/usuario)

NUSR= Número de usuarios del sistema de riego.

Valores elevados señalan una inversión financiera más alta por parte del usuario, lo que podría ser un indicativo de costos operativos, de mantenimiento o de mejora de la infraestructura más altos.

Valores MIUR bajos: señalan que la inversión financiera por cada usuario es más baja, lo que puede estar relacionado con una cobertura del sistema más alta o con costos de gestión reducidos.

i. Reinversión en el sistema de riego

Examina el nivel de recursos financieros que se utilizan nuevamente en la mejora y mantenimiento de la infraestructura hídrica. La evaluación se realizó a través de entrevistas con los líderes y análisis de documentos, utilizando una escala del 1 al 3. (Akuriba et al., 2020).

Para la valoración de este indicador, se tuvieron en cuenta los flujos de efectivo producidos por el sistema y las cantidades que fueron efectivamente reinvertidas en tareas de mantenimiento y optimización de la infraestructura. A través de entrevistas a los líderes del sistema, se obtuvo esta información.

j. Total, de flujos de efectivo producidos

Los ingresos económicos que el sistema de riego genera en un intervalo específico se consideran los flujos de efectivo totales generados. La mayor parte de estos ingresos se origina en las contribuciones que hacen los usuarios del sistema, las cuales pueden abarcar cuotas de mantenimiento, operación, administración o cualquier otro pago fijado por la organización de

regantes. Este valor simboliza la totalidad de los fondos financieros que hacen posible el funcionamiento del sistema de riego y su sostenibilidad a nivel económico.

Se sumaron todos los ingresos contabilizados durante el período de análisis para determinarlo, con lo que se logró establecer el flujo total de efectivo generado por el sistema.

k. Flujos de efectivo que se reinvierten

Los flujos de efectivo que se reinvierten son los recursos financieros que se utilizan nuevamente en el sistema de riego para la mejora, mantenimiento o rehabilitación de la infraestructura hidráulica. Estos recursos se emplean en tareas como el mantenimiento de infraestructura, la limpieza de canales, la reparación de compuertas, la compra de materiales y otras acciones requeridas para asegurar que el sistema funcione correctamente. El monto de la reinversión se determina al agregar todos los gastos en los que se incurre durante el periodo analizado para llevar a cabo las actividades de optimización y mantenimiento del sistema de riego.

$$RR = \frac{Flujos\ de\ efectivo\ totales\ generados}{Flujos\ de\ efectivo\ totales\ reinvertidos} - 1 \quad (8)$$

Este indicador posibilita examinar la conexión que hay entre los ingresos del sistema de riego y los recursos que se reinvierten en su operación y optimización. Así, se mide la capacidad del sistema de reinvertir los recursos producidos en pro de la infraestructura hídrica y su nivel de sostenibilidad financiera.

El valor adquirido posibilita la interpretación de cómo se comporta financieramente el sistema de riego. Cuando el resultado se aproxima a cero, se muestra que los ingresos obtenidos y la reinversión efectuada están equilibrados. Si el valor es superior a cero, significa que los ingresos son más altos que la reinversión realizada, lo cual puede ser un indicativo de que se asignan menos recursos a la infraestructura. No obstante, si el valor es inferior a cero, indica que la reinversión supera los ingresos obtenidos, lo que podría ser resultado de inversiones extra o financiamiento ajeno.

9.7.2. Dimensión ambiental

a. Eficiencia del sistema

Este indicador facilita la determinación del grado de utilización del agua en la infraestructura de riego, la cual se evalúa desde la captación hasta el ingreso a la parcela . Este parámetro revela la proporción de agua que, tras ser captada en el lugar de abastecimiento, efectivamente alcanza las zonas agrícolas para su empleo productivo (J. Li et al., 2017a).Su evaluación posibilita la identificación de las pérdidas de agua que pueden suceder a lo largo del transporte y la distribución, producidas por filtraciones, escapes, evaporación o fallos en el sistema (Charles Batchelor, 2016).

En esta investigación se consideró la siguiente fórmula de la ecuación 1

$$E(\%) = \frac{\sum ingreso\ Ramales}{Q_T} x100 \quad (9)$$

donde:E: Eficiencia en porcentajes;∑: Sumatoria de Ingresos en los ramales del sistema de riego Canal Norte; QT1: Caudal total evaluado en la bocatoma

La determinación de los ingresos agrícolas se realizó mediante la técnica de encuestas, lo que ayuda a los investigadores a proporcionar datos primarios confiables y útiles para fundamentar las decisiones comerciales.(SURVEY, n.d.)La técnica de encuesta fue utilizada para establecer la información necesaria en el estudio actual, la cual se recopiló de 150 agricultores que pertenecen al área de influencia del Canal Norte de riego. La población encuestada estuvo compuesta por hombres y mujeres que se ocupaban fundamentalmente de la agricultura, particularmente del cultivo de flores, maíz y pasto.

b. Área de canal (trapezoidal y rectangular)

Determinación de la velocidad se utilizó la siguiente fórmula

Trapezoide $A = \frac{B+b}{2} * h$

Rectángulo $A = b * h$

donde:

A: Área; B: Base mayor b : Base menor

La forma geométrica del canal es la que se usa para calcular el área de su sección hidráulica (A). Para canales trapezoidales, se aplica la fórmula(A)= (B + b)/2 x h, con B como la base mayor, b como la base menor y (h) como la altura del agua. Esta fórmula posibilita determinar el área transversal del flujo de agua en el canal, lo que resulta esencial para análisis hidráulicos futuros.

Para los canales rectangulares, el área se determina de forma más sencilla con la ecuación A=b×h, en la que h es la altura del agua y b es la base del canal. Este cálculo posibilita el cálculo de la superficie efectiva por la que se desplaza el flujo de agua en segmentos rectangulares.

$$V = \frac{d}{t} \quad (10)$$

donde:V: Velocidad: distancia ;T: tiempo

La relación V= se utiliza para medir la velocidad del flujo V= d/t, en la que d es la distancia recorrida por un objeto flotante o por el flujo del agua mismo, y t es el tiempo que se requiere para recorrer esa distancia. La velocidad media del agua en el canal puede ser calculada de manera simple y práctica con este método.

Determinación del caudal con la siguiente fórmula

$$Q = V * A \quad (11)$$

donde: Q: Caudal; V:Velocidad;A: área

Por otra parte, para el caudal de captación se empleó la técnica del flotador con una pelota para calcular el caudal de captación. Se eligió una sección recta del canal principal, situada cerca de la bocatoma, y se registró un intervalo específico de tiempo y la distancia que recorrió la pelota en ese lapso (Abed, 2021). La velocidad del agua se calculó utilizando estos datos. Después, se calculó el área transversal midiendo el ancho y la profundidad media del canal. Por último, se determinó el caudal de captación al multiplicar la velocidad del agua por

el área transversal. Este valor indica el volumen de agua que se recibe del sistema de riego, proveniente de la fuente de captación.

c. Cálculo de la suma de caudales que entran a las parcelas (ΣQ ingreso a parcelas)

Se llevaron a cabo aforos en la distribución , conducción y en el ingreso a la parcela con el objetivo de calcular la cantidad de agua que reciben los usuarios. En cada parcela, se utilizó el método de aforo correspondiente para medir el caudal recibido. Después de calcular los caudales individuales de todas las parcelas analizadas, se sumaron para determinar la cantidad total de caudales que entran a las parcelas (∑Q). Este valor es el volumen de agua que, después de atravesar toda la infraestructura de conducción y distribución, alcanza a los agricultores(Chen et al., 2022)

Se llevaron a cabo aforos en las 21 tomas de distribución de la Junta de Agua Canal Norte, las cuales proporcionan agua a alrededor de 930 hectáreas que se encuentran bajo riego. Los caudales registrados posibilitaron el cálculo del volumen total de agua que entra a las parcelas, lo cual sirvió como fundamento para calcular la eficacia del sistema de riego.

Fórmula de la eficiencia del sistema ecuación 12

$$Efs = Ec * Ed * Ea \quad (12)$$

Donde

Eficiencia de aplicación se consideró las áreas que se riegan por gravedad aspersión y por surcos considerando la siguiente fórmula en la ecuación 3

$$Ea = PAS * PAA * PAG \quad (13)$$

Donde

PASS=Porcentaje área surco

PAA=Porcentaje área por aspersión

PAG=Porcentaje de área por goteo

Rendimiento del uso del agua en el Canal Norte

El rendimiento del uso del agua en sistemas de riego se define como la capacidad del sistema para optimizar el recurso hídrico en función de la producción agrícola obtenida, considerando pérdidas en conducción, distribución y aplicación del agua (Ortiz Calle et al., 2021; Chávez et al., 2020). La eficiencia del uso del agua es un indicador clave para evaluar la sostenibilidad del riego y mejorar la productividad agrícola (Palacios-Vélez et al., 2018).

d. Índice de escasez de agua en el sistema

El índice de escasez de agua permite medir la presión que se ejerce sobre los recursos hídricos existentes mediante el contraste entre la oferta y la demanda del agua. Para evaluar la sustentabilidad de los sistemas de riego en contextos donde el recurso disponible es limitado, se utiliza este indicador con regularidad (Bekchanov, 2024).

El índice de escasez hídrica (Ic) se calcula dividiendo la demanda hídrica entre la oferta hídrica del sistema y multiplicando el resultado por 100. La fórmula para calcularlo es Ic = (D / OH) × 100. Este indicador permite que se evalúe la presión ejercida sobre el recurso hídrico, ya que compara con la cantidad de agua disponible en el sistema de riego la cantidad necesaria para los cultivos. Por lo tanto, el índice indica en términos porcentuales la suficiencia o escasez del recurso hídrico en el área de análisis(FAO, 2013).

e. Cálculo de la necesidad de agua de los cultivos (D)

El término demanda hídrica hace referencia al volumen total de agua que los cultivos requieren durante un periodo determinado. Para su cálculo, se consideraron la zona de investigación y la evapotranspiración del cultivo (ETc) en el terreno cultivado. (Luis S. Pereira, 1998)

La evapotranspiración del cultivo representa el volumen de agua que las plantas utilizan a través de la transpiración y la evaporación del terreno, lo que sirve como un indicador de sus

requerimientos de agua. El área cultivada, por su parte, es la superficie destinada a sembrar flores, maíz y pasto; el tamaño de esta área tiene un efecto en la cantidad total de agua requerida. La demanda total de agua se estimó en metros cúbicos (m^3) mediante la combinación del área cultivada y la evapotranspiración del cultivo, que es el volumen de agua requerido para satisfacer las necesidades de riego durante el período analizado(J. Li et al., 2017).

f. Oferta hídrica (OH)

La oferta hídrica (OH) se determina con base en principios esenciales de la hidráulica, que indican que el volumen de agua accesible en un sistema es producto de la relación entre el caudal del canal y el tiempo durante el cual está disponible este recurso. Siguiendo esta línea, el caudal es la cantidad de agua que fluye a través de una sección del canal en un intervalo de tiempo específico. El tiempo, en cambio, hace referencia al periodo durante el cual se proporciona este recurso a los usuarios del sistema de riego (VICTOR GERMAN SEGARRA LINDAO, 2022).

g. Cálculo de la oferta hídrica (OH)

El volumen de agua disponible para satisfacer los requerimientos de riego de los usuarios en un periodo específico se conoce como oferta hídrica. Para calcularlo, se tuvo en cuenta tanto el caudal del canal como el tiempo que estuvo disponible para la distribución de este recurso hídrico. El caudal de un canal, medido en metros cúbicos por segundo (m^3/s), es el volumen de agua que pasa a través de una sección específica durante un periodo de tiempo determinado. Este parámetro posibilita determinar cuánta agua es capaz de llevar el sistema de riego. En cambio, el periodo durante el cual los usuarios pueden usar el agua se conoce como tiempo de disponibilidad del agua(Freitas et al., 2020)

La ecuación planteada es :

$$OH = O * t \quad (14)$$

Donde:OH = Oferta hídrica disponible (m^3);Q = Caudal del canal (m^3/s);t = Tiempo de disponibilidad del agua (s)

Se puede calcular el volumen total de agua disponible en metros cúbicos utilizando la fórmula OH = Q × t, a partir de esta relación. El caudal (Q), que se calcula en metros cúbicos por segundo (m^3/s), se determina a partir de mediciones hidráulicas o registros de la junta de riego. El tiempo de disponibilidad del agua (t) es igual al tiempo que dura el turno de riego; para que las unidades sean coherentes, este debe ser transformado a segundos. En esta forma

La ecuación planteada de la oferta hídrica :

$$Ic = \frac{D}{OH} \times 100 \quad (15)$$

donde**:** Ic = Índice de escasez hídrica (%);D = Demanda hídrica (m^3) ;OH = Oferta hídrica disponible (m^3)

9.7.3. Dimensión social

a. Mujeres y hombres que forman parte de la dirección de la organización.

Examina cuánto participan hombres y mujeres en los espacios de decisión dentro de las organizaciones vinculadas al riego. Se puede obtener información mediante entrevistas a los usuarios, así como revisando las actas y los registros de la junta directiva. La evaluación se realiza utilizando una escala que va del 1 al 3, donde los valores más altos señalan una participación más equitativa e inclusiva. Cuando las mujeres participan en los sistemas de riego comunitarios, la gobernanza y la sostenibilidad a nivel organizativo se fortalecen (Imburgia et al., 2021).

b. Jóvenes que forman parte de la directiva de la organización

Determina hasta qué punto los jóvenes participan en la administración y conducción del sistema de riego. La información fue recolectada a través de entrevistas y análisis de documentos de la estructura organizativa. La evaluación se llevó a cabo utilizando una escala

del 1 al 3, en la que los índices más altos indican una inclusión más amplia de jóvenes en los espacios de decisión. El involucramiento de las generaciones más jóvenes ayuda a que la organización continúe y a que la gobernanza comunitaria del agua se fortalezca (SF Dlangalala & M Mudhara, 2020)

c. Nivel de conocimientos de la cantidad de agua a aplicar en la parcela.

Analiza la comprensión de los usuarios acerca del manejo adecuado del agua para riego y de las necesidades hídricas de los cultivos. Los datos fueron obtenidos a través de encuestas estructuradas y evaluados utilizando una escala del 1 al 3, en la que los valores más altos indican un nivel de conocimiento técnico superior (Akuriba et al., 2020).

d. Nivel de aceptación de cambios tecnológicos y sociales

Evalúa la disposición de los usuarios para implementar innovaciones, tanto organizativas como tecnológicas, que estén vinculadas con la administración del agua. A través de entrevistas y encuestas, se llevó a cabo la valoración empleando una escala del 1 al 3. Una mayor apertura al cambio y habilidad de adaptación se manifiestan en los valores altos (Akuriba et al., 2020).

e. Gestión de proyectos

Analiza la aptitud institucional para desarrollar, administrar y llevar a cabo proyectos enfocados en potenciar el sistema de riego. Se llevó a cabo la evaluación utilizando una escala del 1 al 3, a través de entrevistas con líderes y revisión de documentos (Akuriba et al., 2020b)

f. Articulación de acciones con las instituciones públicas

Analiza la medida de coordinación entre las entidades públicas que gestionan el agua y la organización de los usuarios. Se obtuvo la información a través de entrevistas y del examen de acuerdos o proyectos que se han realizado juntos. Usando una escala de 1 a 3, se llevó a cabo la evaluación (Martínez-Moscoso & Abril Ortiz, 2020).

g. Articulación de acciones con instituciones de la sociedad civil.

Establece el grado de colaboración que hay entre la organización de riego y las organizaciones comunitarias o civiles. La valoración se llevó a cabo utilizando una escala de 1 a 3, tomando en cuenta tanto la frecuencia como la eficacia de las acciones conjuntas que se implementaron (Akuriba et al., 2020).

h. Nivel de democracia y alternancia de dirigentes

Examina la actualización periódica de los cargos de liderazgo en la organización. Se recopiló la información a través de entrevistas con los usuarios y del análisis de documentos. La evaluación se realizó mediante una escala de 1 a 3, donde las calificaciones altas indican un fortalecimiento democrático de la organización y una alternancia adecuada (Akuriba et al., 2020).

i. Nivel de conocimientos en gestión y manejo del sistema por parte de los dirigentes

Analiza la habilidad técnica y administrativa de los líderes para manejar apropiadamente el sistema de riego. Los datos se obtuvieron a través de encuestas y entrevistas. Se llevó a cabo la evaluación utilizando una escala de 1 a 3, tomando en cuenta la capacitación, la experiencia y los saberes sobre gestión del recurso hídrico (SF Dlangalala & M Mudhara, 2020)

j. Nivel de equidad en aportes de trabajo para el mantenimiento en función de la superficie

Establece si las contribuciones laborales hechas por los usuarios son proporcionales al área beneficiada por el sistema de riego. Se llevó a cabo la valoración a través de una escala de 1 a 3, fundamentada en entrevistas y archivos comunitarios (Hassan et al., 2023)

k. Administración del sistema de riego.

Evalúa la aptitud de la organización para gestionar con eficacia los recursos financieros que se asignan al funcionamiento y mantenimiento del sistema. La evaluación se llevó a cabo

utilizando una escala de 1 a 3, tomando en cuenta la rendición de cuentas, la transparencia y los registros financieros. (Akuriba et al., 2020).

9.7.4. Dimensión tecnológica

a. Distribución del agua según las necesidades hídricas del cultivo y la superficie

Analiza la equidad en la repartición del agua teniendo en cuenta los requerimientos de agua de las cosechas y el área irrigada por cada usuario. El caudal necesario se determinó a través de la relación entre el área que se riega y la dotación de agua por hectárea. Después, se evaluó el resultado utilizando una escala que va de 1 a 3 (Delfan Azari & Parvaresh Rizi, 2021).

b. Suministro de agua Q

La asignación de agua es el volumen de este recurso que se distribuye por cada unidad de terreno agrícola en un periodo determinado. Se expresa comúnmente en litros por segundo por hectárea (L/s/ha) y representa la cantidad de agua que se estima necesaria para satisfacer las demandas hídricas de los cultivos.

Este valor puede conseguirse usando los requisitos hídricos calculados para los cultivos más importantes como son el cultivo de Maíz , Pasto y Rosas que se encuentran en el área de estudio, y los registros de la Junta de Riego.

El caudal requerido es la cantidad de agua que se necesita para proporcionar un suministro apropiado a las tierras de cultivo que están bajo riego. Este valor se logró al multiplicar el área de riego por la dotación de agua correspondiente a cada hectárea

c. Zona regada (A)

La superficie que se beneficia del sistema de riego, a la vez que está destinada para producir cultivos, es conocida como área regada. Esta variable se mide en hectáreas (ha) y hace posible calcular la superficie.

Para establecer esta variable, se recogieron datos a través de encuestas realizadas a los usuarios del Canal Norte, en las que se anotó cuántas hectáreas tiene cada agricultor bajo riego. Más tarde, se sumaron las áreas reportadas para calcular el área total que fue regada dentro de la zona de estudio.

La superficie se calculó en hectáreas (ha) porque esta unidad de medida facilita la relación entre la superficie cultivada y el suministro de agua que el sistema de riego proporciona.

Muestra:

Usuario 1 = 2 hectáreas

Usuario 2 = 1,5 hectáreas

Usuario 3 = 3 hectáreas

Superficie total regada:

A=2+1.5+3=6.5 hectáreas

Aplicamos la siguiente ecuación para determinar la distribución

$$Q = q\left(\frac{\frac{L}{s}}{ha}\right) xA(ha) \quad (16)$$

Donde:Q = Caudal requerido (L/s) ;q = Dotación de agua (L/s/ha) ;A = Área regada (ha)

d. Eficiencia de aplicación del agua en la parcela

El porcentaje del agua que se suministra y que es realmente utilizada por el cultivo, la eficiencia de aplicación, posibilita la evaluación del manejo y la tecnificación del riego en parcela (Reinders, 2022).

La ecuación ´planteada de la aplicación

$$EA(\%) = \frac{NHc}{Aasp} x\ 100 \quad (17)$$

donde: EA = Eficiencia de aplicación (%);NHc = Necesidades hídricas del cultivo

Aasp = Agua aplicada en la parcela

e. Eficiencia de la aplicación en parcela

El indicador de eficiencia en la aplicación del agua en el terreno (EA) posibilita establecer cuánta agua que se suministra a los cultivos es realmente aprovechada por las plantas. El análisis de la gestión del riego a nivel parcelario requiere este parámetro, ya que indica el grado de tecnificación y las pérdidas hídricas que tienen lugar durante el proceso de aplicación del riego (INIFAP, 2023).

Se emplea la fórmula $EA(\%) = \left(\frac{NHc}{Aasp}\right) \times 100 \quad (18)$ para calcularlo; esta contrasta el volumen de agua que se ha aplicado en el terreno con los requerimientos hídricos del cultivo. Este indicador, que se expresa en términos porcentuales, posibilita averiguar cuán eficazmente el agricultor emplea el recurso hídrico en su sistema de producción (FEMPA, 2024)

f. Necesidades hídricas del cultivo

El volumen de agua que el cultivo necesita para cubrir sus procesos de crecimiento y fisiológicos es lo que se conoce como las necesidades hídricas del cultivo (NHc). Este valor se calcula usando dos elementos, la evapotranspiración del cultivo (ETc) y el área cultivada. (FAO, 2021a).La ETc puede ser obtenida de los datos meteorológicos que brinda la estación meteorológica . Estos componentes, en su totalidad, posibilitan establecer la necesidad real de agua del cultivo durante un lapso de tiempo específico(Hassani et al., 2019).

g. Agua aplicada en la parcela

A su vez, el volumen de agua que se proporciona directamente al cultivo a través del sistema de riego es lo que se conoce como "agua aplicada en la parcela" (Aasp). Este valor se obtiene a partir de estimaciones basadas en el caudal, mediciones hechas en campo o registros de riego(Bolaños-González et al., n.d.)

10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

10.1. Sistemas de producción de la junta de riego del canal norte de Tanicuchi

a. Sistema de riego por aspersión.

El método más frecuentemente observado en las 17 tomas analizadas de la Junta de Riego de la parroquia San Lorenzo de Tanicuchí fue el riego por aspersión. Este sistema utiliza una red de tuberías y aspersores para aplicar agua en la superficie cultivada, simulando así la lluvia. La evaluación del sistema de riego reveló que el riego por aspersión alcanzó un 75% de eficacia, dentro del rango aceptable de 60% a 85%, adecuado para las unidades productivas analizadas (Infoagronomo, 2025). La implementación de un control preciso de la lámina de riego reduce las pérdidas por escorrentía y favorece un crecimiento uniforme de los cultivos en terrenos irregulares.

El estudio destaca que el sistema de aspersión se utiliza principalmente en pasturas donde predominan la alfalfa (*Medicago sativa)* y el ryegrass (*Lolium spp*.)., fundamentales para la nutrición del ganado lechero. Estas especies requieren abundante agua, por lo que una distribución equitativa es crucial para optimizar la producción de biomasa, la durabilidad del cultivo y la calidad del forraje.

Se identificaron dos haciendas con grandes reservorios que permiten un control efectivo del suministro de agua. Esto reduce la dependencia del caudal disponible y asegura un abastecimiento continuo, manteniendo la estabilidad del sistema productivo, especialmente en temporadas de escasez hídrica . Aunque los gastos de instalación y mantenimiento son altos, la inversión se justifica por la alta producción de forraje, lo que disminuye los costos de alimentación y aumenta la rentabilidad en la producción lechera.

Los que coincide con lo que analizo (Cachipuendo-Ulcuango et al., 2017), realizado en las comunidades andinas de Ecuador, encontró. Además, los estudios sobre pastos bajo riego por aspersión señalan que la uniformidad en la aplicación del agua tiene un impacto directo tanto en el rendimiento de biomasa como en la eficiencia de uso del recurso hídrico(Manuel Calderón 2018)

b. Sistema de riego por goteo.

El sistema de riego se implementó en dos tomas del Canal Norte, diseñado para el cultivo de rosas. Se utiliza riego por goteo para garantizar un suministro uniforme de agua, minimizando pérdidas por escorrentía y evaporación. Además, se combina con fertirrigación, permitiendo la aplicación de fertilizantes solubles y optimizando la nutrición de las plantas.

La gestión fitosanitaria es crucial en la producción de rosas, ya que estas son susceptibles a enfermedades y plagas. Se utilizan productos fitosanitarios para mantener su calidad comercial y sanitaria LAURA MAYORGA (2013). Los altos costos de producción asociados a estas materias primas concuerdan con investigaciones realizadas en sistemas de floricultura intensiva de ahí que los productores apliquen de manera periódica insecticidas, fungicidas, acaricidas y reguladores de crecimiento, lo cual complementan

El estudio indica que la mayor inversión en producción es la mano de obra, seguida de manejo fitosanitario y fertilización. Aunque requiere mayor inversión inicial, la floricultura genera empleo y sustenta económicamente a familias. Una de los análisis más relevantes de esta tecnificación en el riego por goteo es su eficiencia; cuando el diseño, la presión y el mantenimiento de la red son los apropiados, la aplicación del agua puede llegar a ser mayor al 90 %. Esta eficacia posibilita que el agua se dirija de manera directa a la zona donde las raíces absorben, lo que reduce al mínimo las pérdidas por escorrentía, evaporación y percolación

profunda. Por lo tanto, el uso de agua y fertilizantes disminuye, se mejora la producción del cultivo y se promueve una gestión más sustentable del recurso hídrico, un punto particularmente crucial en cultivos con elevado valor económico como la rosa

c. Sistema de riego por gravedad.

Este sistema es utilizado por dos tomas de la Junta de Riego de la parroquia San Lorenzo de Tanicuchí el cual se emplea sobre todo para cultivar maíz. Este método hace uso de la inclinación natural del terreno para repartir el agua, dejando que el flujo progrese a través de surcos sin requerir equipos de bombeo, lo cual disminuye los gastos de instalación y operación. Por su sencillez, sigue siendo una opción empleada por los productores que tienen terrenos con condiciones topográficas propicias y suficiente. En la producción de maíz, los gastos más significativos son la preparación del suelo, la compra de semillas, el fertilizante y el trabajo manual para las tareas de cosecha y manejo.

A pesar de que el riego por gravedad tiene costos iniciales más bajos que los sistemas presurizados, su eficiencia a la hora de aplicar agua es menor. Esto se debe a que pueden ocurrir pérdidas debidas a la distribución del recurso no uniforme, infiltración profunda y escorrentía.La eficiencia de aplicación del riego por gravedad, en general, varía entre el 40 y el 60 %; sin embargo, puede llegar a ser de aproximadamente el 70 % si se lleva a cabo un correcto manejo del caudal, así como una nivelación apropiada del terreno y una buena planificación de los surcos.

Estos hallazgos son concordantes con lo indicado por la (FAO, 2014), que señala que el riego por gravedad sigue siendo muy empleado debido a su bajo coste y a su implementación sencilla; no obstante, su eficacia está condicionada por un diseño apropiado de los surcos, una nivelación del terreno adecuada y un manejo correcto del caudal. Los estudios publicados en (Agriculture Water Management) concluyen que, a pesar de que este sistema tiene eficiencias

más bajas que los métodos presurizados, puede obtener un rendimiento satisfactorio si se aplican buenas prácticas de programación y gestión del riego. Estos planteamientos apoyan los hallazgos de la Junta de Riego San Lorenzo de Tanicuchí, según los cuales el riego por gravedad es una opción técnicamente factible para cultivar maíz en las condiciones locales.

d. Descripción del canal

La asociación está integrada por agricultores y usuarios que dependen del riego para sus actividades productivas, especialmente para cultivos andinos y sistemas ganaderos típicos de la zona central de Cotopaxi. Su estructura organizativa fomenta la organización de los regantes y la toma de decisiones, la gestión en el sistema y la supervisión de la asignación del agua.

En esta Junta de agua de regadío Canal Norte es uno de los sistemas de irrigación más importantes de Latacunga, en la provincia de Cotopaxi, debido a su amplia área de cobertura, la cantidad de usuarios que tiene y su contribución a la producción agrícola y ganadera en la región.

Este sistema comenzó funcionar en 1983 y su objetivo principal es asegurar el suministro del recurso hídrico para el riego en las actividades agrícolas y ganaderas en los lugares rurales que abarcan. El canal se extiende aproximadamente 14 kilómetros, comenzando en el barrio San Agustín de Callo y terminando en el barrio San José. La gestión de la infraestructura hidráulica está a cargo del Gobierno Descentralizado Provincial de Cotopaxi, tiene la responsabilidad de operar, mantener y gestionar el sistema de riego en general.

El Canal Norte proporciona beneficios a alrededor de 2,730 usuarios y permite el riego de cerca de 930 hectáreas, principalmente destinadas a cosechas agrícolas y pastos . La gestión del Canal Norte se basa en principios de participación comunitaria, corresponsabilidad y uso eficiente del agua. Los usuarios participan en las labores de adecuación y conservación de su

infraestructura a través de mingas y otras actividades colectivas, lo que ayuda a asegurar la continuidad del servicio de riego y a fortalecer la organización local.

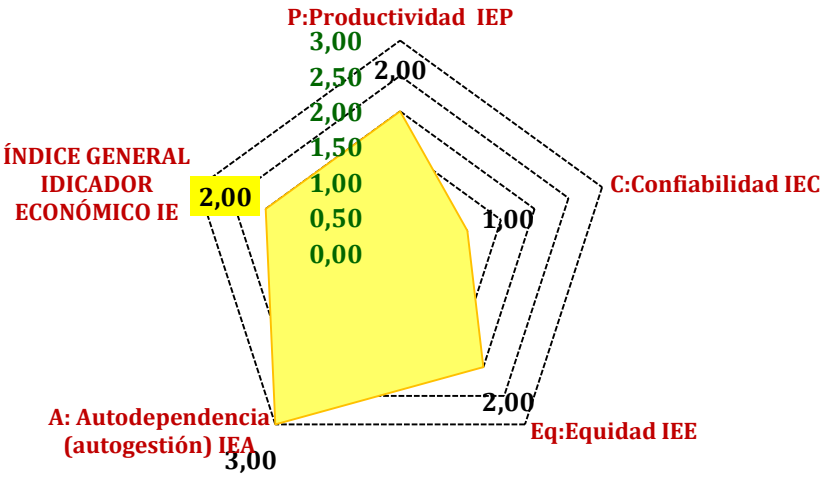
10.2.Análisis de los puntos críticos

10.2.1. Puntos críticos en el sistema de riego por aspersión

a. Evaluación de la Sostenibilidad económica.

Gráfica 3. *La gráfica presenta el comportamiento del Índice General del Indicador Económico (IE), evaluado mediante cuatro indicadores: Productividad (IEP), Confiabilidad (IEC), Equidad (IEE) y Autodependencia o autogestión (IEA).*

INDICADORES	CÓDIGO	SUSTENTABILIDAD
P:Productividad	**IEP**	**2,00**
C:Confiabilidad	**IEC**	**1,00**
Eq:Equidad	**IEE**	**2,00**
A: Autodependencia (autogestión)	**IEA**	**3,00**
ÍNDICE GENERAL IDICADOR ECONÓMICO	**IE**	**2,00**



Fuente: Elaboración propia

El Índice Económico General (IE = 2,00) evidencia un nivel medio de sostenibilidad, lo que significa que el sistema cuenta con condiciones económicas adecuadas, aunque con algunos elementos que requieren ser reforzados. La Autodependencia (IEA = 3,00) obtuvo la

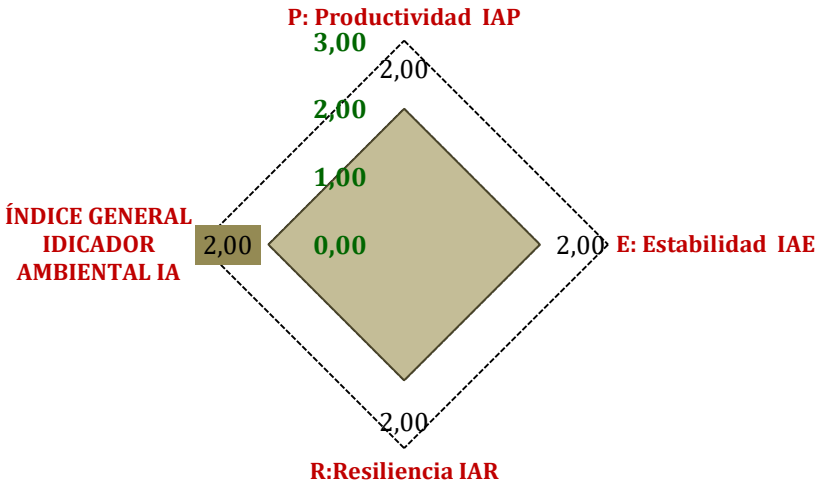
puntuación más alta, lo que quiere decir que la organización financia con sus propios recursos la operación, el mantenimiento y la renovación de equipos del sistema de aspersión, lo que evidencia una dependencia mínima o nula de factores externos. Por otro lado, la confiabilidad (IEC = 1,00) que significa que los gastos cubren sólo un porcentaje de los costos, se logra que el sistema funcione, pero con un nivel limitado de reinversión.

Tanto la productividad (IEP = 2,00) La organización realiza reinversiones parciales con recursos propios, pero aún requiere apoyo externo para cubrir parte de la operación, mantenimiento o mejoras del sistema de riego para la producción .Como la equidad (IEE = 2,00) La dependencia de recursos externos y los conflictos son el resultado de la injusta distribución de los gastos de mantenimiento y energía entre todos los usuarios.(Santiago Javier Sarandón & Claudia Cecilia Flores, 2014) quienes indican que la sostenibilidad económica depende de la estabilidad del sistema, mientras que (Ostrom, 1990)destaca que la organización de los consumidores fortalece en gestión y sostenibilidad de los la red de riego.

b. Evaluación de la Sostenibilidad Ambiental

Gráfica 4. *La gráfica presenta el comportamiento del Índice General del Indicador Ambiental (IA), evaluado mediante tres indicadores: Productividad (IAP), Estabilidad (IAE) y Resiliencia (IAR).*

INDICADORES	CÓDIGO	SUSTENTABILIDAD
P: Productividad	**IAP**	**2,00**
E: Estabilidad	**IAE**	**2,00**
R:Resiliencia	**IAR**	**2,00**
ÍNDICE GENERAL IDICADOR AMBIENTAL	**IA**	**2,00**



Fuente: Elaboración propia

El Índice Ambiental General (IA = 2,00) revela un nivel medio de sostenibilidad, lo que indica que el sistema mantiene adecuadas condiciones ambientales, aunque con margen de mejora. Los indicadores de Productividad Ambiental (IAP = 2,00) Para mejorar la eficiencia del sistema se requiere ayuda externa, pero se pueden reducir parcialmente las pérdidas a través de reparaciones y ajustes internos.

Estabilidad (IAE = 2,00) Se aplican medidas limitadas de conservación, como el mantenimiento básico de fuentes de agua; no obstante, aún se requiere asistencia externa para asegurar la calidad y salvaguarda de los recursos. Resiliencia (IAR = 2,00) Se utilizan medidas preventivas limitadas (como ajustes de presión o reparaciones puntuales), pero requieren ayuda externa para garantizar que las operaciones sigan funcionando en situaciones críticas.

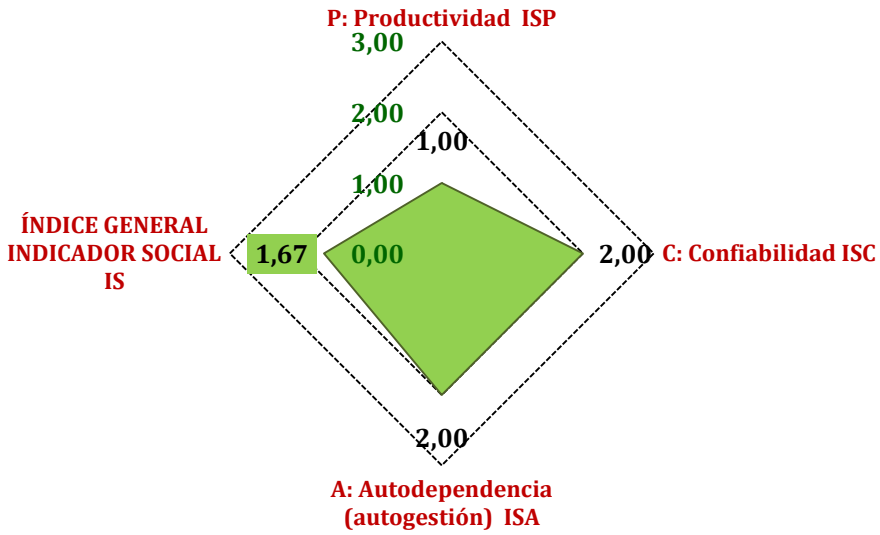
Estos resultados concuerdan con lo señalado por (Santiago Javier Sarandón & Claudia Cecilia Flores, 2014), quienes sostienen que la sostenibilidad ambiental depende del equilibrio entre la preservación de los recursos y la habilidad del agroecosistema para mantenerse y recuperarse frente a cambios. En este sentido, estudios recientes como (Berhe et al., 2026) señalan que en la evaluación de la sostenibilidad de los sistemas de riego comunitarios deben

incluirse indicadores ambientales junto con criterios sociales y tecnológicos, pues la resiliencia ecológica está estrechamente ligada a la gestión colectiva del agua.

c. Evaluación de la Sostenibilidad Social

Gráfica 5. *La gráfica presenta el comportamiento del Índice General del Indicador Social (IS), evaluado mediante tres indicadores: Productividad (ISP), Confiabilidad (ISC) y Autodependencia o autogestión (ISA).*

INDICADORES	CÓDIGO	SUSTENTABILIDAD
P: Productividad	ISP	1,00
C: Confiabilidad	ISC	2,00
A: Autodependencia (autogestión)	ISA	2,00
ÍNDICE GENERAL INDICADOR SOCIAL	IS	1,67



Fuente: Elaboración propia

El Índice General Social (IS = 1.67) mostró una sostenibilidad baja-media, en gran medida debido a la baja Productividad Social (ISP = 1.00) Los beneficios sólo cubren parcialmente los costos, lo que permite reinversiones de menor cuantía, y el apoyo externo es todavía necesario para mantener la eficiencia a nivel socioeconómico. Por otra parte, se encontraron cifras intermedias para la autodependencia (ISA = 2,00) Se logra una gestión parcial con recursos internos, pero aún se requiere ayuda externa para la planificación y el perfeccionamiento. Y la confiabilidad (ISC = 2,00) Los usuarios pagan parte de los costos, lo

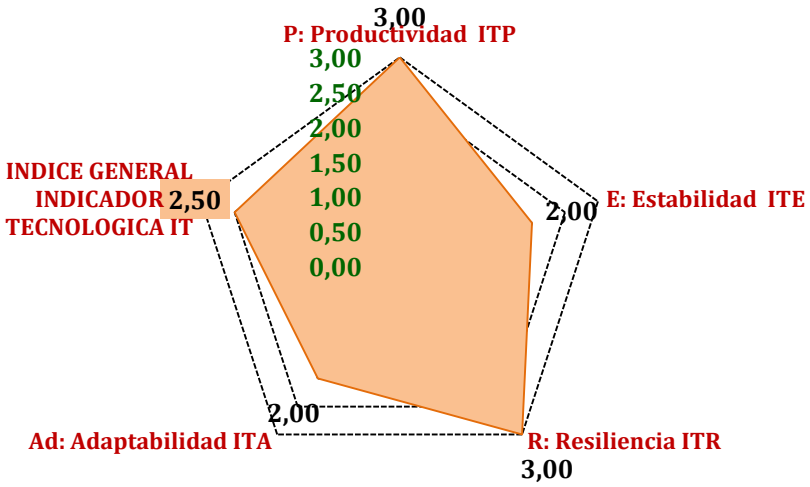
que nos ayuda a evidenciar como continúe adaptandose, pero con poca capacidad para reinvertir.

La capacitación y participación de los usuarios deben ser reforzadas para mejorar el rendimiento del sistema, dado que la productividad social es baja. En cuanto a esto,(FAO, 2013) indica que la participación de los agricultores y el reforzamiento en sus habilidades son elementos que promueven una administración más equitativa y eficaz, lo cual es clave para la viabilñidad social de los sistemas de riego.

d. Evaluación de la Sostenibilidad tecnológica.

Gráfica 6. *La gráfica presenta el comportamiento del Índice General del Indicador Tecnológico (IT), evaluado mediante cuatro indicadores: Productividad (ITP), Estabilidad (ITE), Resiliencia (ITR) y Adaptabilidad (ITA).*

INDICADORES	CÓDIGO	SUSTENTABILIDAD
P: Productividad	ITP	3,00
E: Estabilidad	ITE	2,00
R: Resiliencia	ITR	3,00
Ad: Adaptabilidad	ITA	2,00
INDICE GENERAL INDICADOR TECNOLOGICA	IT	2,50



Fuente: elaboración propia

Un índice tecnológico general de 2,50 indica que el sistema de riego tiene una implantación adecuada de tecnologías, reflejando un nivel medio-alto de sostenibilidad. La Resiliencia (ITR = 3,00) se debe introducir algunas mejoras como (boquillas más eficientes y control básico de presión), pero aún se requiere de ayuda externa para mejorar la tecnificación. Y la Productividad (ITP = 3,00) Se hacen sustituciones de algunos elementos y reparaciones parciales con medios propios, pero todavía se precisa de ayuda externa para asegurar un funcionamiento eficaz. Por otra parte, la Adaptabilidad (ITA = 2,00) Se realizan prácticas parciales y algunos usuarios implementan adelantos, pero aún necesitan del apoyo externo para afianzar el aprendizaje, y la Estabilidad (ITE = 2,00) Con ajustes internos se consigue una estabilidad parcial, pero aún se requiere apoyo externo para asegurar un abastecimiento constante. tuvieron valores promedio, lo que evidencia posibilidades para mejorar el desempeño y alcanzar avances tecnológicos. Estos resultados evidencian que el sistema cuenta con una base tecnológica favorable, sin embargo, es necesario fortalecer la innovación y la actualización de las prácticas de riego, para incrementar su eficiencia y sostenibilidad a largo plazo. En este sentido, la FAO (2017) subraya que la modernización tecnológica en riego debe ir acompañada de procesos de capacitación y gestión adaptativa, mientras que (Berhe et al., 2026) destacan que la sostenibilidad de los sistemas comunitarios depende de integrar indicadores técnicos con mecanismos de gobernanza que permitan responder a la variabilidad climática.

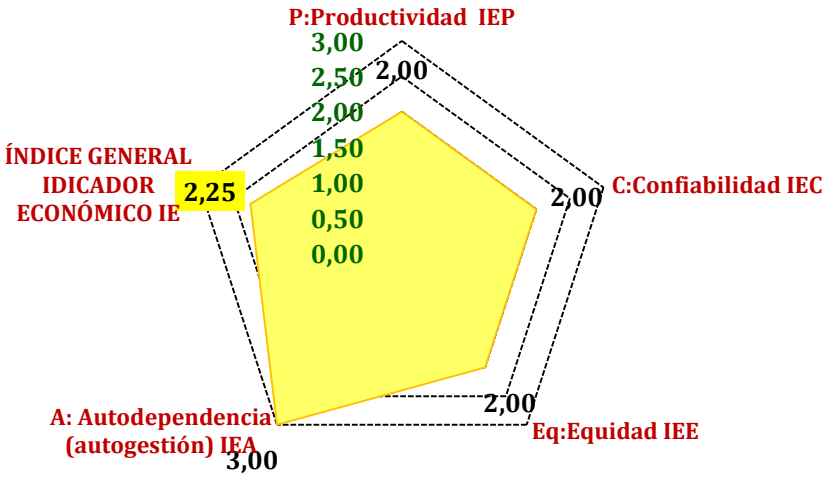
10.2.2. Sistema de riego por goteo

a. Evaluación de la Sostenibilidad económica.

Gráfica 7. *La gráfica presenta el comportamiento del Índice General del Indicador Económico (IE), evaluado mediante cuatro indicadores: Productividad (IEP), Confiabilidad (IEC), Equidad (IEE) y Autodependencia o autogestión (IEA).*

INDICADORES	**CÓDIGO**	**SUSTENTABILIDAD**
P:Productividad	**IEP**	**2,00**
C:Confiabilidad	**IEC**	**2,00**

Eq:Equidad	**IEE**	**2,00**
A: Autodependencia (autogestión)	**IEA**	**3,00**
ÍNDICE GENERAL INDICADOR ECONÓMICO	**IE**	**2,25**



Fuente: Elaboración propia

La gráfica que incluye una tabla del sistema de riego por goteo muestra un diagnóstico integral en términos de la sostenibilidad económica. En ella las métricas de productividad Se logra un empleo pasable del agua, con reinversiones parciales en el mantenimiento de goteros y tubos, sin embargo, aún se requiere de apoyo externo para optimizar la eficiencia en la confiabilidad Los ingresos cubren sólo una parte de los costos, se pueden hacer algunas mejoras internas, pero aún se requiere ayuda externa para el mantenimiento del sistema. Y en la equidad la distribución es desigual en parte, hay usuarios que aportan más que otros, lo que genera cierta desigualdad. están en nivel intermedio (2.00) lo que indica un desempeño aceptable, pero con limitaciones en eficiencia y repartición de beneficios.

El índice de autodependencia, por su parte, es más alto (3.00), lo que expresa que dependencia parcial; algunos gastos se sufragan con recursos propios, pero se necesita ayuda externa para arreglos mayores. A nivel mundial, el índice general se sitúa en 2,25, lo que refleja un estado de sostenibilidad moderada; si bien este modelo funciona, requiere intervenciones

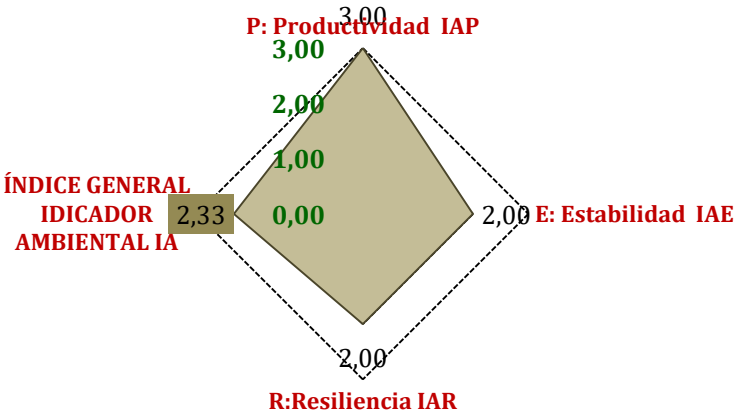
técnicas orientadas a mejorar la estabilidad del suministro de agua y asegurar una mayor equidad en el acceso al mismo.

La elevada fiabilidad alcanzada es coherente con lo que (Burt et al., 1997)afirma que los sistemas presurizados, tales como el riego por goteo, mejoran la continuidad y el control del suministro de agua, incrementando de esta forma la eficacia operacional. Pero esta menor productividad indica que el empleo de esta tecnología no asegura por sí sola un incremento en los ingresos económicos, ya que estos dependen de la gestión agronómica, la fertirrigación y la conducción del cultivo, como indican.

b. Evaluación Ambiental del Sistema de Riego por Goteo

Gráfica 8. *La gráfica presenta el comportamiento del Índice General del Indicador Ambiental (IA), evaluado mediante tres indicadores: Productividad (IAP), Estabilidad (IAE) y Resiliencia (IAR).*

INDICADORES	CÓDIGO	SUSTENTABILIDAD
P: Productividad	IAP	3,00
E: Estabilidad	IAE	2,00
R:Resiliencia	IAR	2,00
ÍNDICE GENERAL INDICADOR AMBIENTAL	IA	2,33



Fuente: Elaboración propia

La gráfica con tabla del sistema de riego por goteo aplicada a la sostenibilidad ambiental permite realizar un análisis técnico más profundo al evidenciar la interacción entre tres

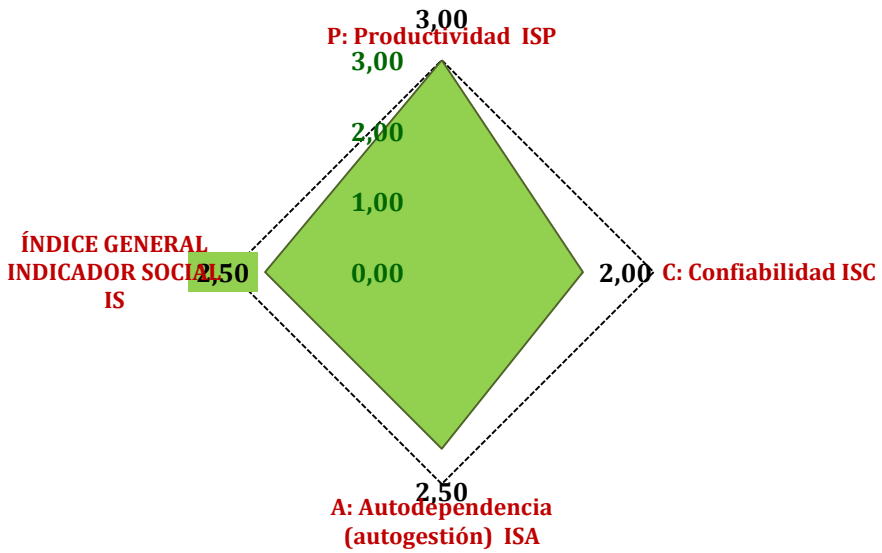
dimensiones clave: productividad (IAP = 3.00), La productividad es aceptable; se realizan mantenimientos parciales y ajustes internos que permiten incrementar el consumo de agua, pero todavía se necesita apoyo externo para optimizar el sistema. estabilidad (IAE = 2.00) La infraestructura funciona de forma aceptable, se realizan mantenimientos regulares que permiten una continuidad parcial, aunque todavía limitada. y resiliencia (IAR = 2.00) Se logra una recuperación moderada por medio de reparaciones específicas y limpieza parcial de los filtros, pero con limitaciones. El valor superior en productividad indica que el sistema logra un rendimiento agrícola eficiente en las condiciones actuales, mientras que los valores intermedios de estabilidad y resiliencia revelan vulnerabilidades frente a cambios climáticos, disponibilidad de agua y capacidad para recuperarse de perturbaciones externas. El índice general ambiental (IA = 2,33) sintetiza un escenario de moderada sostenibilidad, donde la eficiencia productiva no va acompañada de una robusta capacidad de adaptación ni de una estabilidad prolongada en el tiempo.

Esta conducta concuerda con la de Pereira, , que afirman que la sostenibilidad en el uso del agua y los ejercicios para la gestión que disminuyan el impacto sobre los recursos naturales y las pérdidas son lo que determina la perseverancia medioambiental de los sistemas de riego. De igual manera, (Howell, 2000) indica que la eficacia en el uso del agua; no obstante, sus beneficios para el medio ambiente dependen de una gestión y un cuidado apropiados, lo que justifica que el sistema llegue a un nivel intermedio de sostenibilidad y aún tenga oportunidades de mejorar.

c. Indicadores de Confiabilidad, Productividad y Autogestión Social

Gráfica 9. *La gráfica presenta el comportamiento del Índice General del Indicador Social (IS), evaluado mediante tres indicadores: Productividad (ISP), Confiabilidad (ISC) y Autodependencia o autogestión (ISA).*

INDICADORES	CÓDIGO	SUSTENTABILIDAD
P: Productividad	ISP	3,00
C: Confiabilidad	ISC	2,00
A: Autodependencia (autogestión)	ISA	2,50
ÍNDICE GENERAL INDICADOR SOCIAL	IS	2,50



Fuente :elaboración propia

La gráfica con tabla del Índice Social de Sostenibilidad del sistema de riego por goteo permite un análisis técnico de tres dimensiones fundamentales: productividad (ISP = 3.00), Se realizan correcciones parciales con avances en la gestión, pero aún no son suficientes para una eficiencia total. confiabilidad (ISC = 2.00) La distribución es parcialmente equitativa, con avances en algunos sectores, pero aún existen disparidades y autodependencia (ISA = 2.50) Conservación aceptable, con medidas básicas de control y uso racional del agua. El puntaje más alto en productividad muestra que el sistema tiene un buen rendimiento agrícola, mientras que la confiabilidad con un puntaje bajo muestra los riesgos de la estabilidad del suministro de agua y de la consistencia del servicio. El nivel medio de autodependencia muestra que los productores tienen un cierto nivel de gestión autónoma, aunque todavía dependen de factores externos para asegurar el funcionamiento completo. El índice general social (IS = 2.50) refleja

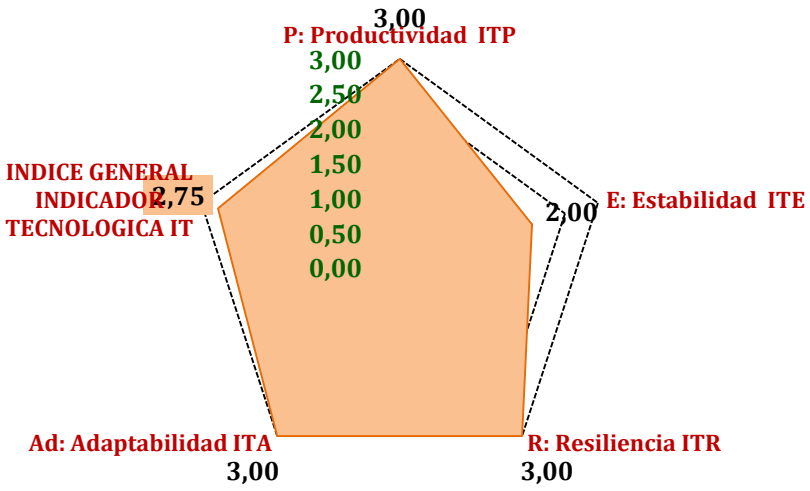
un escenario de sostenibilidad moderada, donde la eficiencia productiva no está respaldada por una sólida confiabilidad

El gráfico radar tiene una forma simétrica, lo que demuestra que el sistema sostiene condiciones satisfactorias en términos de la disponibilidad del recurso hídrico, la organización de los usuarios y la capacidad de autogestión. No obstante, todavía hay oportunidades para afianzar el involucramiento comunitario, la formación y las decisiones colectivas. Estos hallazgos son consistentes con la afirmación de (Ostrom, 1990), que indica que la sostenibilidad de los sistemas de riego está vinculada a la capacidad de los usuarios y al trabajo en conjunto.

d. Evaluación Tecnológica del Sistema de Riego por Goteo

Gráfica 10. *La gráfica presenta el comportamiento del Índice General del Indicador Tecnológico (IT), evaluado mediante cuatro indicadores: Productividad (ITP), Estabilidad (ITE), Resiliencia (ITR) y Adaptabilidad (ITA).*

INDICADORES	CÓDIGO	SUSTENTABILIDAD
P: Productividad	ITP	3,00
E: Estabilidad	ITE	2,00
R: Resiliencia	ITR	3,00
Ad: Adaptabilidad	ITA	3,00
INDICE GENERAL INDICADOR TECNOLOGICA	IT	2,75



Fuente :elaboración propia

El gráfico con la tabla del Índice Tecnológico de Sostenibilidad del sistema de riego por goteo muestra un desempeño mixto en las dimensiones evaluadas: resiliencia (ITR = 3.00), La eficiencia es media, se han añadido ciertos avances, como filtros básicos o goteros más robustos, pero todavía se necesita el respaldo externo para perfeccionar la tecnificación. adaptabilidad (ITA = 3.00) Se realizan procesos de aprendizaje a medias, hay usuarios que aplican mejoras, pero todavía necesitan apoyo externo para afianzar la innovación. y productividad (ITP = 3.00) La infraestructura es razonable, se reemplazan algunos componentes y se hacen arreglos parciales con recursos propios, pero aún se requiere ayuda externa para asegurar un funcionamiento eficaz. Presentan valores altos, lo que señala que el sistema es eficaz para lograr resultados, tiene capacidad para recuperarse frente a perturbaciones y es flexible para ajustarse a nuevas circunstancias o tecnologías; no obstante, la estabilidad (ITE = 2.00) se encuentra en un nivel medio lo que refleja que se hacen mantenimientos periódicos, como limpieza de filtros y chequeo de tuberías, lo cual permite cierta estabilidad, aunque todavía limitada.,. El índice tecnológico general (IT = 2,75) muestra una situación favorable.

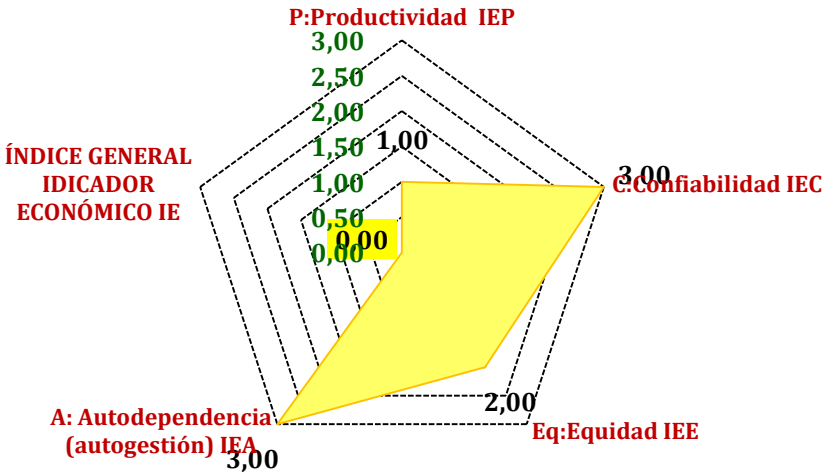
Estos hallazgos están de acuerdo con la afirmación de (Ostrom, 1990), quien argumenta que la sustentabilidad de los sistemas de uso común necesita instituciones que puedan ajustarse a las variaciones en el ambiente, y también con la FAO (2021). Que destaca la importancia de educar continuamente a los usuarios y de innovar tecnológicamente para hacer frente a las variaciones climáticas y optimizar la gestión del agua. El sistema posee por tanto una tecnología aceptable, pero se evidencian claras oportunidades para mejorar su resiliencia y adaptabilidad, aspectos claves para asegurar su sostenibilidad a largo plazo.

10.2.3. Riego por gravedad

a. Análisis de la Viabilidad Económica en Sistemas de Gravedad

Gráfica 11. *Comportamiento del Índice General del Indicador Económico (IE), evaluado mediante cuatro indicadores: Productividad (IEP), Confiabilidad (IEC), Equidad (IEE) y Autodependencia o autogestión (IEA).*

INDICADORES	CÓDIGO	SUSTENTABILIDAD
P:Productividad	**IEP**	**1,00**
C:Confiabilidad	**IEC**	**3,00**
Eq:Equidad	**IEE**	**2,00**
A: Autodependencia (autogestión)	**IEA**	**3,00**
ÍNDICE GENERAL IDICADOR ECONÓMICO	**IE**	**2.25**



Fuente :elaboración propia

La evaluación del sistema de riego mostró que presenta una media de sostenibilidad económica (IE = 2,25), aunque se observó que los indicadores analizados son variables. La productividad (IEP = 1,00), que fue la que tuvo menor puntaje, La organización hace reinversiones parciales con sus propios recursos, pero aún necesita apoyo externo para cubrir una parte de la operación, el mantenimiento o las mejoras del sistema de riego para la producción. Por otra parte, se encontró que Autodependencia (IEA = 3,00) Es una dependencia parcial, se cubren algunos gastos con recursos propios, pero aún se requiere de apoyo externo

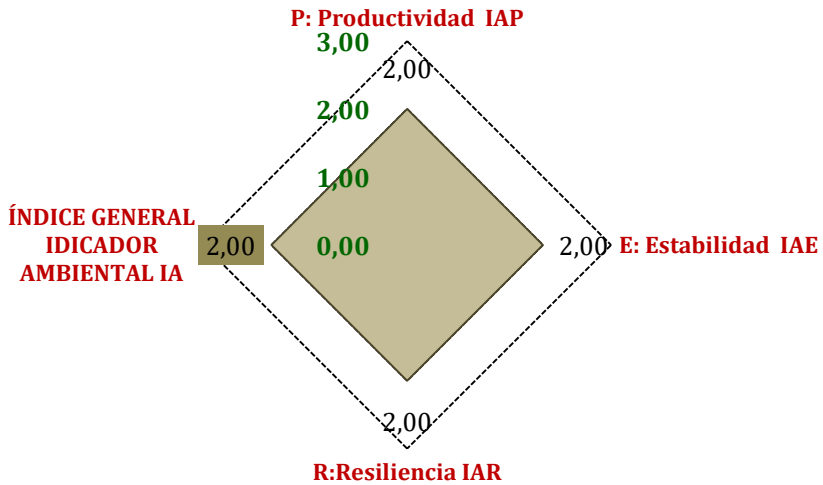
para lograr mejoras importantes, Confiabilidad (IEC = 3,00) Los ingresos cubren parcialmente los gastos, con reinversiones pequeñas; todavía se necesita ayuda externa.

Esto concuerda con lo señalado por (Cachipuendo-Ulcuango et al., 2017) destacan que los sistemas de riego comunitarios depende de la distribución hídrica y la egualdad en la distribución de beneficios, factores que fortalecen la gobernanza local y la resiliencia frente al cambio climático., (Frizzone et al., 2021)subrayan la necesidad de combinar indicadores técnicos con acuerdos institucionales para lograr la sostenibilidad económica de las zonas de riego. Eso se debe a que la productividad no necesariamente asegura estabilidad, sin que exista un sistema de gobernanza y participación conjunta que la respalde.

b. Evaluación de Indicadores Ambientales

Gráfica 12. *Comportamiento del Índice General del Indicador Ambiental (IA), determinado a partir de tres indicadores: Productividad (IAP), Estabilidad (IAE) y Resiliencia (IAR).*

INDICADORES	CÓDIGO	SUSTENTABILIDAD
P: Productividad	IAP	2,00
E: Estabilidad	IAE	2,00
R:Resiliencia	IAR	2,00
ÍNDICE GENERAL IDICADOR AMBIENTAL	IA	2,00



Fuente :elaboración propia

Se evidencia en el Índice General Ambiental (IA = 2.00), el sistema de riego analizado alcanzó un nivel medio de sostenibilidad ambiental, mostrando un desempeño equilibrado entre los indicadores de Productividad (IAP = 2.00), La productividad es razonable, con una gestión moderada del recurso hídrico y algunas optimizaciones internas. Estabilidad (IAE = 2.00) La infraestructura funciona aceptablemente con algunas restricciones que afectan la estabilidad. y Resiliencia (IAR = 2.00). Se logra una recuperación moderada mediante reparaciones específicas y una planificación parcial.

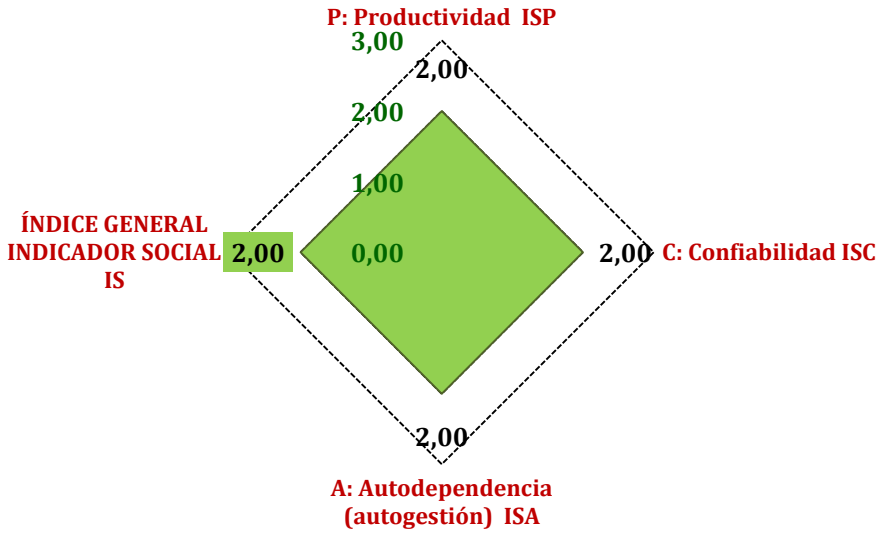
La forma simétrica del gráfico radar confirma que el sistema tiene condiciones óptimas en cuanto a estabilidad ecológica, capacidad de recuperación frente a cambios externos y aprovechamiento del recurso hídrico. Sin embargo, el promedio de todos los indicadores muestra que aún existen limitaciones para alcanzar niveles más altos de sustentabilidad, especialmente en cuanto al rendimiento y en el manejo del agua y el uso de métodos agroecológicos.

Estos hallazgos están en concordancia con lo que afirman (Altieri et al., 2017) acerca de que la resiliencia ambiental en los sistemas agrícolas está condicionada por la diversificación y por la gestión ecológica de los recursos, así como con (Cánovas-Molina et al., 2023), quienes resaltan la necesidad de mantener el uso del agua dentro de límites sostenibles para evitar la degradación de los ecosistemas. Por lo tanto, el sistema estudiado muestra un buen desempeño ambiental, pero necesita mejorar la eficiencia del agua y adoptar prácticas sustentables para garantizar su continuidad en el futuro.

c. Análisis de la Organización Social en Sistemas de Riego por Gravedad

Gráfica 13. *Resultados del Índice General del Indicador Social (IS), calculado a partir de tres indicadores: Productividad (ISP), Confiabilidad (ISC) y Autodependencia o autogestión (ISA).*

INDICADORES	CÓDIGO	SUSTENTABILIDAD
P: Productividad	ISP	2,00
C: Confiabilidad	ISC	2,00
A: Autodependencia (autogestión)	ISA	2,00
ÍNDICE GENERAL INDICADOR SOCIAL	IS	2,00



Fuente :elaboración propia

El sistema de riego analizado mostró un nivel moderado de sostenibilidad social, según el Índice General Social (IS = 2,00), el cual reveló un comportamiento equilibrado entre los indicadores de productividad (ISP = 2,00), Se realizan modificaciones parciales con algunas mejoras en la gestión confiabilidad (ISC = 2,00) La distribución es en parte justa, con avances en algunos ámbitos. y autodependencia (ISA = 2,00) Conservación adecuada con medidas elementales de control.

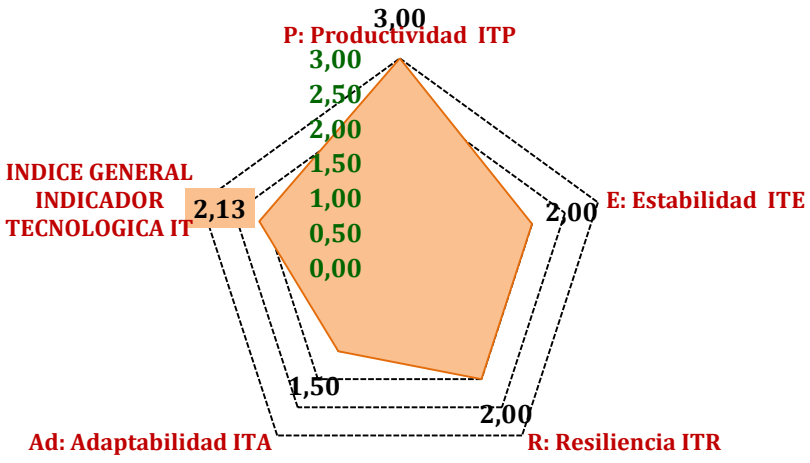
El gráfico radar, al ser simétrico, confirma que el sistema se encuentra en condiciones adecuadas en relación con la organización de los usuarios, la disponibilidad de agua y la posibilidad de autogestión. Sin embargo, el promedio de todos los indicadores refleja que aún subsisten obstáculos para lograr mayores niveles de sostenibilidad social, particularmente en relación con la participación comunitaria y el proceso de toma colectiva de decisiones.

Estos hallazgos tienen que ver con lo que (Flores-Mancheno & Palacios-López, 2025) indica, quien afirma que la fortaleza de las organizaciones locales y la colaboración entre los usuarios son determinantes para lograr la sostenibilidad social en los sistemas de riego, y también con (Berhe et al., 2026), que subraya la importancia de la acción colectiva y la gobernanza participativa como medio para garantizar un acceso igual al agua y su uso igualitario . Por lo tanto, el sistema examinado presenta un desempeño social razonable, pero es necesario fortalecer los mecanismos de colaboración y la organización de la comunidad, para asegurar su sostenibilidad a largo plazo.

d. Evaluación de Productividad, Estabilidad y Adaptabilidad

Gráfica 14. *Desempeño del Índice General del Indicador Tecnológico (IT), analizado mediante cuatro indicadores: Productividad (ITP), Estabilidad (ITE), Resiliencia (ITR) y Adaptabilidad (ITA).*

INDICADORES	CÓDIGO	SUSTENTABILIDAD
P: Productividad	ITP	3,00
E: Estabilidad	ITE	2,00
R: Resiliencia	ITR	2,00
Ad: Adaptabilidad	ITA	1,50
INDICE GENERAL INDICADOR TECNOLOGICA	IT	2,13



Fuente :elaboración propia

El sistema de riego presenta un nivel medio de sostenibilidad tecnológica (IT = 2.13), y los indicadores revisados, en función del Índice General Tecnológico, revelan un rendimiento irregular. La productividad es la fortaleza mayor (ITP = 3,00), Infraestructura aceptable, con operaciones básicas y algunas reparaciones. La estabilidad (ITE = 2,00) Mantenimiento periódico, aunque de alcance restringido y la resiliencia (ITR = 2,00) Eficiencia moderada, con mejoras parciales en algunos elementos están en niveles medios, lo que demuestra que el sistema tiene una cierta capacidad de operar ante alteraciones externas, aunque su desempeño se ve limitado por esta capacidad.

Es el aspecto más débil la capacidad de adaptación (ITA = 1.50), Innovación parcial, con ciertas modificaciones implementadas lo que evidencia las dificultades para incorporar innovaciones tecnológicas o ajustarse a las modificaciones en la disponibilidad de agua. El factor clave para lograr la sostenibilidad tecnológica es la productividad, tal como lo indica la irregularidad del gráfico radar, mientras que una capacidad reducida para adaptarse limita la estabilidad global del sistema.

Estos resultados coinciden con lo que señalaron Keller y Bliesner (1990) en cuanto a que la capacidad de adaptarse a la tecnología y mantener la infraestructura son aspectos fundamentales para lograr la sostenibilidad de riego. Además, tienen que ver con lo que (Cánovas-Molina et al., 2023) destacaron aquellos que subrayan la importancia de combinar la innovación y la gestión adaptativa para hacer frente a las cambiantes condiciones climáticas y la escasez de agua,el sistema analizado tiene un nivel tecnológico aceptable, pero necesita mejorar su capacidad de adaptación y resiliencia para asegurar su sostenibilidad en el largo plazo.

11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

11.1. CONCLUSIONES

La aplicación de indicadores de sostenibilidad en las dimensiones económica, social, ambiental y tecnológico, permitió evaluar integralmente los sistemas de riego de la Junta de Riego del Canal Norte. La mayor sostenibilidad se localizó en el sistema de riego por goteo en la cosecha de rosas, esto se atribuye a su rendimiento en el empleo del agua, a la disminución de las pérdidas y al afianzamiento de la autogestión de los agricultores. El sistema de riego por gravedad en maíz mostró un nivel intermedio, debido a su aceptación social y facilidad de implementación, aunque se vio limitado por la baja eficiencia en la distribución del recurso. Por el contrario, el sistema de riego por aspersión en pasturas tuvo el menor nivel de sostenibilidad, atribuible a problemas de confiabilidad operativa y elevados costos de mantenimiento y energía.

El análisis de las cuatro dimensiones permitió identificar que cada sistema de riego tiene sus propios desafíos. Los principales problemas del riego por goteo se relacionan con los altos costos de inversión y de mantenimiento, los del riego por gravedad con las pérdidas de agua y la poca eficiencia en la distribución, y los del riego por aspersión con la baja confiabilidad y la participación de los usuarios además de los costos de mantenimiento y operativos de este sistema. Estas limitaciones impactan el desempeño sostenible de los sistemas y demuestran la necesidad apremiante de fortalecer la tecnificación y mejorar la gestión del recurso hídrico, con el objetivo de garantizar su disponibilidad y fomentar un uso responsable que beneficie tanto a los productores como a la comunidad.

Se estableció que la sostenibilidad hídrica de la Junta de Riego del Canal Norte es media, lo que sugiere que la entidad cuenta con circunstancias propicias para sostener su operación; no obstante, necesita robustecer el manejo comunitario, perfeccionar la utilización eficaz del agua

e impulsar procesos de tecnificación para lograr un mejor rendimiento en todas las dimensiones analizadas.

11.2 Recomendación

a. Fortalecer la gestión comunitaria mediante un mayor colaboración de los regantes en la gestión y el mantenimiento del sistema de riego.

b. Implementar medidas de tecnificación que posibiliten optimizar la eficiencia en el uso del agua y disminuir el desperdicio de este recurso.

c. Realizar un mantenimiento periódico de las ocho tomas que hoy se encuentran abandonadas, a fin de garantizar el correcto funcionamiento del canal y preservar la infraestructura hidráulica.

d. Promover programas de capacitación para los consumidores acerca de cómo utilizar el agua de manera eficaz, sobre la operación del sistema y el mantenimiento preventivo.

12 BIBLIOGRAFÍA

Abed, B. S. (2021). Flow Measurements in Open Channels Using Integrating-Floats. *Journal of Engineering*, *27*(1), 130–141. https://doi.org/10.31026/j.eng.2021.01.09

Aceldo, B., & Farinango Guzmán, W. A. (2021). Construcción consensuada de criterios de reparto de agua de riego en la UCICMA, Ecuador. *Textual*, (78), 213–240. https://doi.org/10.5154/R.TEXTUAL.2021.78.09

Adaptaciones de las plantas a entornos con agua abundante | The Huntington. (n.d.). Retrieved June 8, 2026, from https://www.huntington.org/education/digital-classroom-resources/todo-sobre-las-plantas/adaptaciones-de-las-plantas-entornos

Adriana Sandoval Moreno * María Griselda Günther. (2015, September). *Organización social y autogestión del agua: Comunidades de la Ciénega de Chapala, Michoacán*. Https://Www.Scielo.Org.Mx/Scielo.Php?Script=sci_arttext&pid=S0188-77422015000200006. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-77422015000200006

Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA). (2024). *Regulación y control del agua en Ecuador*.

Agriculture Water Management | Tierras y Aguas | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura | Land & Water | Food and Agriculture Organization of the United Nations. (n.d.). Retrieved June 30, 2026, from https://www.fao.org/land-water/water/water-management/agriculture-water-management/es/

Akuriba, M. A., Haagsma, R., & Heerink, N. (2022). Do Governance Perceptions Affect Cooperativeness? Evidence from Small-Scale Irrigation Schemes in Northern Ghana. *Sustainability*, *14*(16), 9923. https://doi.org/10.3390/su14169923

Akuriba, M. A., Haagsma, R., Heerink, N., & Dittoh, S. (2020a). Assessing governance of irrigation systems: A view from below. *World Development Perspectives*, *19*, 100197. https://doi.org/10.1016/J.WDP.2020.100197

Akuriba, M. A., Haagsma, R., Heerink, N., & Dittoh, S. (2020b). Assessing governance of irrigation systems: A view from below. *World Development Perspectives*, *19*, 100197. https://doi.org/10.1016/J.WDP.2020.100197

Alonso-Sánchez, H., Tadeo-Robledo, M., Espinosa-Calderón, A., Zaragoza-Esparza, J., & López-López, C. (n.d.). *Productividad del agua y rendimiento de maíz bajo diferente disponibilidad de humedad*.

Alsaqqar, A. S., Khudair, B. H., & Ali, S. K. (2014). Evaluating Water Stability Indices from Water Treatment Plants in Baghdad City. *Journal of Water Resource and Protection*, *06*(14), 1344–1351. https://doi.org/10.4236/jwarp.2014.614124

Altieri, M., Nicholls, C., & Montalba, R. (2017). Technological Approaches to Sustainable Agriculture at a Crossroads: An Agroecological Perspective. *Sustainability*, *9*(3), 349. https://doi.org/10.3390/su9030349

Andrade-Figueroa, G. (2020). La gobernanza local en el manejo integral del agua: el caso de la parroquia de Angochagua, Ecuador. *Eutopía. Revista de Desarrollo Económico Territorial*, (17). https://doi.org/10.17141/eutopia.17.2020.4312

Asamblea Nacional del Ecuador. (2014). *LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA*. www.lexis.com.ec

Asamblea Nacional del Ecuador. (2022). *Ecuador 's Constitution of 2008*. https://www.constituteproject.org/constitution/Ecuador_2008.pdf

Asamblea Nacional República del Ecuador. (2014). *LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS, USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA*.

Bekchanov, M. (2024). Conveyance efficiency and irrigation water productivity under varying water supply conditions in arid lowlands of Central Asia. *Agricultural Water Management*, *293*, 108697. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2024.108697

Berhe, G. T., Grum, B., Baartman, J. E. M., Veldwisch, G. J., & Ritsema, C. J. (2026). Assessing the Sustainability of Community-Managed Irrigation Systems Using Multicriteria Analysis and Sustainability Indicators in Northern Ethiopia: A Holistic Approach. *Irrigation and Drainage*, *75*(1), 330–343. https://doi.org/10.1002/ird.70025

Berrones, G., & Célleri, R. (2025). Understanding sustainability issues in Andean irrigation systems. *La Granja*, *42*(2), 22–40. https://doi.org/10.17163/lgr.n42.2025.02

Bolaños-González, M., Palacios-Vélez, E., Scott, C., & Exebio-García, A. (n.d.). *ESTIMATION OF WATER VOLUME USED IN AN IRRIGATION ZONE THROUGH A SATELLITE IMAGE AND COMPLEMENTARY INFORMATION*.

Burt, C. M., Clemmens, A. J., Strelkoff, T. S., Solomon, K. H., Bliesner, R. D., Hardy, L. A., Howell, T. A., & Eisenhauer, D. E. (1997). Irrigation Performance Measures: Efficiency and Uniformity. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, *123*(6), 423–442. https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9437(1997)123:6(423)

Byron Andrés Aceldo Toromoreno. (2021, December). *Vista de Construcción consensuada de criterios de reparto de agua de riego en la UCICMA, Ecuador | Textual*. Https://Revistas.Chapingo.Mx/Textual/Article/View/r.Textual.2021.78.09/r.Textual.2021.78.09. https://revistas.chapingo.mx/textual/article/view/r.textual.2021.78.09/r.textual.2021.78.09

Cachipuendo, C., Ilbay, M., & Requelme, N. (2025a). COMMUNITY MANAGEMENT AND SUSTAINABILITY IN ANDEAN IRRIGATION SYSTEMS THROUGH INDICATORS OF EFFICIENT WATER USE IN AGRICULTURE. *Granja*, *42*(2), 40–59. https://doi.org/10.17163/lgr.n42.2025.03

Cachipuendo, C., Ilbay, M., & Requelme, N. (2025b). COMMUNITY MANAGEMENT AND SUSTAINABILITY IN ANDEAN IRRIGATION SYSTEMS THROUGH INDICATORS OF EFFICIENT WATER USE IN AGRICULTURE. *Granja*, *42*(2), 40–59. https://doi.org/10.17163/lgr.n42.2025.03

Cachipuendo-Ulcuango, C. J., Requelme, N. D. J., Gualavisí Cachiguango, O. M., Sandoval Montenegro, C. E., Sandoval Cuascota, J. L., & Moya Mejia, A. C. (2017). USO COMUNITARIO DEL AGUA Y DEL SUELO PARA LA PRODUCCIÓN SUSTENTABLE DE PASTURAS. *La Granja*, *26*(2), 142. https://doi.org/10.17163/lgr.n26.2017.12

Cánovas-Molina, A., García-Frapolli, E., & Ruggerio, C. A. (2023). A proposal of an Irrigation Sustainability Index for agricultural basins: application in a semi-arid river basin. *Irrigation Science*, *41*(1), 173–182. https://doi.org/10.1007/s00271-022-00831-w

Charles Batchelor. (2016). Water accounting and auditing - A sourcebook. *FAO*, 232. https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/9a20e806-d8f3-4723-8914-1d999e822435/content

Chen, Y.-C., Hsu, Y.-C., & Zai, E. O. (2022). Streamflow Measurement Using Mean Surface Velocity. *Water*, *14*(15), 2370. https://doi.org/10.3390/w14152370

Clothier, B., Jovanovic, N., & Zhang, X. (2020). Reporting on water productivity and economic performance at the water-food nexus. *Agricultural Water Management*, *237*, 106123. https://doi.org/10.1016/J.AGWAT.2020.106123

Correa, D. R., Pérez, C. B., Posada, P. A. G., Fines, B. M., Martínez, G. A., & Der, C. M. (2022). Productividad del agua de riego en el cultivo del frijol en condiciones de

producción. *Revista Ingeniería Agrícola*, *12*(3). https://doi.org/10.13140/RG.2.2.28326.32325

Delfan Azari, M., & Parvaresh Rizi, A. (2021). Challenges of irrigation water distribution from the viewpoint of socio-hydraulic relations*. *Irrigation and Drainage*, *70*(5), 1273–1286. https://doi.org/10.1002/ird.2596

FAO. (2013). *Afrontar la escasez de agua*. https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/i3015s

FAO. (2014). *Tecnologías de Aplicación de Riego Parcelario en la Provincia de Río Negro.* https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/e9164e7c-4676-41ef-816c-21ff6d873e78/content

FAO. (2021a). *Necesidades de agua de riego*. https://www.fao.org/aquastat/es/data-analysis/irrig-water-use/irrig-water-requirement

FAO. (2021b). The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture – Systems at breaking point (SOLAW 2021). In *The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture – Systems at breaking point (SOLAW 2021)*. FAO. https://doi.org/10.4060/cb7654en

FEMPA. (2024). *Medir la Eficiencia del Riego: Clave para una Agricultura Productiva y Sostenible - Fempa*. https://www.fempa.es/noticias/actualidad/instaladores/medir-la-eficiencia-del-riego-clave-para-una-agricultura-productiva-y-sostenible

Fernández, J. E., Alcon, F., Diaz-Espejo, A., Hernandez-Santana, V., & Cuevas, M. V. (2020). Water use indicators and economic analysis for on-farm irrigation decision: A case study of a super high density olive tree orchard. *Agricultural Water Management*, *237*, 106074. https://doi.org/10.1016/J.AGWAT.2020.106074

Figueroa Uribe Geomaira Gabriela. (2022). *"CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA Y PRODUCTIVA DE LA PARROQUIA RURAL 'SAN LORENZO DE TANICUCHI', DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI 2022"* [UTC]. https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/6cd192f9-6389-41f5-9fdc-af5e47f81f24/content

Flores-Mancheno, C. I., & Palacios-López, L. A. (2025). Tecnologías de riego inteligente y su contribución a la conservación del agua en agricultura. *Multidisciplinary Collaborative Journal*, *3*(1), 61–73. https://doi.org/10.70881/mcj/v3/n1/46

Freitas, E. da S., Coelho, V. H. R., Xuan, Y., Melo, D. de C. D., Gadelha, A. N., Santos, E. A., Galvão, C. de O., Ramos Filho, G. M., Barbosa, L. R., Huffman, G. J., Petersen, W. A., & Almeida, C. das N. (2020). The performance of the IMERG satellite-based

product in identifying sub-daily rainfall events and their properties. *Journal of Hydrology*, *589*, 125128. https://doi.org/10.1016/J.JHYDROL.2020.125128

Frizzone, J. A., Lima, S. C. R. V., Lacerda, C. F., & Mateos, L. (2021). Socio-Economic Indexes for Water Use in Irrigation in a Representative Basin of the Tropical Semiarid Region. *Water 2021, Vol. 13, Page 2643*, *13*(19), 2643. https://doi.org/10.3390/W13192643

GAD Parroquial San Lorenzo de Tanicuchí. (2024). *ACTUALIZACION-PDOT-TANICUCHI-final_imprimir (2)*.

Gestión integrada de recursos hídricos y gobernanza: Subcuenca del río Vinces, provincia Los Ríos-Ecuador. (2021). *Revista de Ciencias Sociales*. https://doi.org/10.31876/rcs.v27i.36532

Hamdouni, A. (2026). Artificial Intelligence-Driven Integrated Water Management and Agricultural Sustainability: Evidence from Saudi Arabia. *Resources*, *15*(3), 38. https://doi.org/10.3390/resources15030038

Hassan, W., Manzoor, T., & Muhammad, A. (2023). Improving equity in demand-driven irrigation systems through a rights-preserving water allocation mechanism. *Agricultural Water Management*, *287*, 108443. https://doi.org/10.1016/J.AGWAT.2023.108443

Hassani, Y., Hashemy Shahdany, S. M., Maestre, J. M., Zahraie, B., Ghorbani, M., Henneberry, S. R., & Kulshreshtha, S. N. (2019). An economic-operational framework for optimum agricultural water distribution in irrigation districts without water marketing. *Agricultural Water Management*, *221*, 348–361. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.05.012

Heiba, Y., Ibrahim, M. G., Mohamed, A. E., Fujii, M., & Nasr, M. (2023). Developing smart sustainable irrigation matrix (SIM)-based model for selection of best irrigation techniques: A framework to achieve SDGs. *Journal of Cleaner Production*, *420*, 138404. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138404

Hernández Sampieri, Roberto., & Mendoza Torres, C. Paulina. (2018). *Metodología de la investigación : las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Education.

Hoffmann, P., & Villamayor-Tomas, S. (2020). Does irrigation modernization enhance drought performance? Evidence from a qualitative comparative analysis. *Agricultural Water Management*, *233*, 110320. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2026.110320

Howell, T. (2000). *Publicación:MEJORA DE LA EFICIENCIA DEL USO DEL AGUA EN LA AGRICULTURA DE REGADERO*. https://www.ars.usda.gov/research/publications/publication/?seqNo115=109654&utm

Imburgia, L., Osbahr, H., Cardey, S., & Momsen, J. (2021a). Inclusive participation, self-governance, and sustainability: Current challenges and opportunities for women in leadership of communal irrigation systems. *Environment and Planning E: Nature and Space*, *4*(3), 886–914. https://doi.org/10.1177/2514848620934717

Imburgia, L., Osbahr, H., Cardey, S., & Momsen, J. (2021b). Inclusive participation, self-governance, and sustainability: Current challenges and opportunities for women in leadership of communal irrigation systems. *Environment and Planning E: Nature and Space*, *4*(3), 886–914. https://doi.org/10.1177/2514848620934717

INIFAP. (2023). *Metodología para la eficiencia de aplicación de riego en parcela | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias | Gobierno | gob.mx*. https://www.gob.mx/inifap/articulos/metodologia-para-la-eficiencia-de-aplicacion-de-riego-en-parcela?state=published

Ivonne, R. (2021). Fundamentación teórico referencial para la generación de un modelo de estrategias para la resiliencia hídrica. *Quivera. Revista de Estudios Territoriales*, *23*(2), 5–26.

Janker, J., Mann, S., & Rist, S. (2019). Social sustainability in agriculture – A system-based framework. *Journal of Rural Studies*, *65*, 32–42. https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2018.12.010

JOSE LUIS ARZUAGA SALAZAR, & LUIS FELIPE GUTIERREZ CASTILLO. (n.d.). *ANALISIS DE CONFIABILIDAD EN LOS EQUIPOS DE BOMBEO DE AGUAS RESIDUALES* . Retrieved June 8, 2026, from https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0026726.pdf

Juan Pablo Hudson. (2010, October). *Formulaciones teórico-conceptuales de la autogestión*. Https://Www.Scielo.Org.Mx/Scielo.Php?Pid=S0188-25032010000400003&script=sci_arttext. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-25032010000400003&script=sci_arttext

Lapo Pauta, C. M., Briceño Ojeda, V. A., Martínez-Solano, F. J., & Benavides Muñoz, H. (2022). Implementation of Quantitative Resilience Measurement Criteria in Irrigation Systems. *Water*, *14*(17), 2698. https://doi.org/10.3390/w14172698

LAURA ISABEL LEON MAYORGA2013. (n.d.). *RENTABILIDAD DEL CULTIVO DE ROSAS (Rosa Sp) VARIEDAD MONDIAL DE LA EMPRESA SEDAFY FLORAL*. Retrieved June 28, 2026, from https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/0c13c9cd-5aae-4bab-a0b9-87b6a8ee6c83/content

Li, J., Wang, X., Bai, L., & Mao, X. (2017a). Quantification of lateral seepage from farmland during maize growing season in arid region. *Agricultural Water Management*, *191*, 85–97. https://doi.org/10.1016/J.AGWAT.2017.06.006

Li, J., Wang, X., Bai, L., & Mao, X. (2017b). Quantification of lateral seepage from farmland during maize growing season in arid region. *Agricultural Water Management*, *191*, 85–97. https://doi.org/10.1016/J.AGWAT.2017.06.006

Li, M., Cao, X., Liu, D., Fu, Q., Li, T., & Shang, R. (2022a). Sustainable management of agricultural water and land resources under changing climate and socio-economic conditions: A multi-dimensional optimization approach. *Agricultural Water Management*, *259*, 107235. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107235

Li, M., Cao, X., Liu, D., Fu, Q., Li, T., & Shang, R. (2022b). Sustainable management of agricultural water and land resources under changing climate and socio-economic conditions: A multi-dimensional optimization approach. *Agricultural Water Management*, *259*, 107235. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107235

Li, M., Xu, Y., Fu, Q., Singh, V. P., Liu, D., & Li, T. (2020). Efficient irrigation water allocation and its impact on agricultural sustainability and water scarcity under uncertainty. *Journal of Hydrology*, *586*, 124888. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.124888

Lin, N., Wang, X., Zhang, Y., Hu, X., & Ruan, J. (2020). Fertigation management for sustainable precision agriculture based on Internet of Things. *Journal of Cleaner Production*, *277*, 124119. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124119

López, I., Arriaga, A., & Pardo, M. (2018). La dimensión social del concepto de desarrollo sostenible: ¿La eterna Olvidada? *Revista Española de Sociología*, *27*(1). https://doi.org/10.22325/fes/res.2018.2

Luis S. Pereira. (1998). *Capítulo 1 - Introducción a la evapotranspiración*. https://www.fao.org/4/x0490e/x0490e04.htm#evapotranspiration%20(et)

Manuel Ángel Calderón Vera +Rubén Darío Rivera Fernández2. (2018). *Vista de Efecto del riego deficitario mediante riego por aspersión en el rendimiento del pasto Cynodon dactylon*.

https://revistasespam.espam.edu.ec/index.php/Revista_ESPAMCIENCIA/article/view/158/164

Martín Rossi. (2024, June 27). *Autosuficiencia, Definición e Importancia*. Https://Familiasautosuficientes.Es/Autosuficiencia-Definicion-e-Importancia/. https://familiasautosuficientes.es/autosuficiencia-definicion-e-importancia/

Martínez-Moscoso, A., & Abril Ortiz, A. (2020a). Las guardianas del agua y su participación en la gestión comunitaria de los recursos hídricos. Un análisis de la normativa ecuatoriana. *Foro: Revista de Derecho*, (34), 61–84. https://doi.org/10.32719/26312484.2020.34.4

Martínez-Moscoso, A., & Abril Ortiz, A. (2020b). Las guardianas del agua y su participación en la gestión comunitaria de los recursos hídricos. Un análisis de la normativa ecuatoriana. *Foro: Revista de Derecho*, (34), 61–84. https://doi.org/10.32719/26312484.2020.34.4

Muñoz Portugal, I. (2019). Acción y gestión colectiva del agua en los valles de Moche y Virú en la costa peruana. *Problemas Del Desarrollo. Revista Latinoamericana de Economía*, *51*(200). https://doi.org/10.22201/iiec.20078951e.2020.200.68186

Oscar Luis Palacios-Vélez Bernardo Samuel Escobar-Villagrán. (2016). La sustentabilidad de la agricultura de riego ante la sobreexplotación de acuíferos. *Tecnología y Ciencias Del Agua*, *7*(2), 5–12. https://www.scielo.org.mx/pdf/tca/v7n2/2007-2422-tca-7-02-00005.pdf

Ostrom, E. (1990). *Governing the Commons*. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9780511807763

Pan, H., & Xu, Q. (2018). Quantitative Analysis on the Influence Factors of the Sustainable Water Resource Management Performance in Irrigation Areas: An Empirical Research from China. *Sustainability*, *10*(1), 264. https://doi.org/10.3390/su10010264

Paoletti, J. M., & Shortridge, J. E. (2020). Improved representation of uncertainty in farm-level financial cost-benefit analyses of supplemental irrigation in humid regions. *Agricultural Water Management*, *239*, 106245. https://doi.org/10.1016/J.AGWAT.2020.106245

Pinos, J. (2020). Multiple water governance models: Ecuador as a case study. *MASKANA*, *11*(1), 74–80. https://doi.org/10.18537/mskn.11.01.08

RAMON ARAGUES. (2012). *CICLO SEMINARIOS 2012 Respuesta del suelo a la calidad del agua de riego 3 de febrero de 2012 Ramón Aragüés Unidad de Suelos y Riegos (Unidad Asociada EEAD-CSIC) CITA-DGA*.

Reinders, F. B. (2022). Irrigation water use efficiency: A water balance approach. *River*, *1*(2), 142–148. https://doi.org/10.1002/rvr2.18

Santiago Javier Sarandón, & Claudia Cecilia Flores. (2014). *Agroecología: Bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables*. https://libros.unlp.edu.ar/index.php/unlp/catalog/view/72/54/181-1

Sarandón, S. Javier., & Flores, C. Cecilia. (2014). *Agroecología*. D - Editorial de la Universidad Nacional de La Plata.

SF Dlangalala, & M Mudhara. (2020). Determinants of farmer awareness of water governance across gender dimensions in smallholder irrigation schemes in KwaZulu-Natal Province, South Africa. *Water SA*, *46*(2 April). https://doi.org/10.17159/wsa/2020.v46.i2.8238

Silva, J. da, Fernandes, V., Limont, M., Dziedzic, M., Andreoli, C. V., & Rauen, W. B. (2020). Water sustainability assessment from the perspective of sustainable development capitals: Conceptual model and index based on literature review. *Journal of Environmental Management*, *254*, 109750. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109750

SISTEMA DE GESTIÓN. (2024). . *INTRODUCCIÓN*. https://portal.compraspublicas.gob.ec/sercop/wp-content/uploads/2025/05/gui%CC%81a_para_cps_-_nro_7_final_revisada_resolucion-signed-signed.pdf

SURVEY. (n.d.). *Importancia de las encuestas en la investigación | SurveyMonkey*. Retrieved June 21, 2026, from https://es.surveymonkey.com/learn/survey-best-practices/why-are-surveys-important-in-research/

Usman, M., Mahmood, T., Conrad, C., & Bodla, H. U. (2020). Remote Sensing and Modelling Based Framework for Valuing Irrigation System Efficiency and Steering Indicators of Consumptive Water Use in an Irrigated Region. *Sustainability*, *12*(22), 9535. https://doi.org/10.3390/su12229535

Vallesquino-Laguna, P., Rivas-Valverde, M., & Pulido-Calvo, I. (2021). Performance Evaluation of Helical Separators Applied to Olive Oil–Water Two-Phase Flows at Low Reynolds Numbers. *Water*, *13*(7), 911. https://doi.org/10.3390/w13070911

Veisi, H., Deihimfard, R., Shahmohammadi, A., & Hydarzadeh, Y. (2022). Application of the analytic hierarchy process (AHP) in a multi-criteria selection of agricultural irrigation systems. *Agricultural Water Management*, *267*, 107619. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.107619

Verónica Gudiña. (2024, January 29). *Autosuficiencia - Qué es, definición y concepto*. Https://Definicion.de/Autosuficiencia/. https://definicion.de/autosuficiencia/

VICTOR GERMAN SEGARRA LINDAO. (2022). *Evaluación de la oferta hídrica bajo escenarios de cambio climático en la microcuenca del río Colonso, Ecuador*. 50.

Wang, R. Y., & Chen, T. (2021a). Integrating Institutions with Local Contexts in Community-Based Irrigation Governance: A Qualitative Systematic Review of Variables, Combinations, and Effects. *International Journal of the Commons*, *15*(1), 320. https://doi.org/10.5334/ijc.1108

Wang, R. Y., & Chen, T. (2021b). Integrating Institutions with Local Contexts in Community-Based Irrigation Governance: A Qualitative Systematic Review of Variables, Combinations, and Effects. *International Journal of the Commons*, *15*(1), 320. https://doi.org/10.5334/ijc.1108

Xiong, R., Zheng, Y., Han, F., & Tian, Y. (2021). Improving the Scientific Understanding of the Paradox of Irrigation Efficiency: An Integrated Modeling Approach to Assessing Basin-Scale Irrigation Efficiency. *Water Resources Research*, *57*(11). https://doi.org/10.1029/2020WR029397