

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
FACULTAD DE MEDICINA, ENFERMERIA, NUTRICIÓN
Y TECNOLOGÍA MÉDICA
UNIDAD DE POSTGRADO**



**“ IMPLEMENTACIÓN DEL RIEGO TRADICIONAL OPTIMIZADO
PARA DISMINUIR LOS EFECTOS NOCIVOS EN LA SALUD DE
LOS AGRICULTORES Y SUS FAMILIAS QUE UTILIZAN AGUA
DE REÚSO EN RIEGO DE SUS SEMBRADÍOS, COMUNIDAD DE
AVIRCATO, MUNICIPIO DE MECAPACA DE LA PAZ, 2017-2018”**

POSTULANTE.- Ing. Carla Enriqueta Villagra Tovar

TUTORA.- Dra. Lía Clara López Sullaez

**Propuesta de Intervención presentada para optar el título de Especialista en
Salud Pública: Mención Salud Ambiental y Ocupacional**

La Paz - Bolivia
2016

AGRADECIMIENTOS

A mi hijo, a mi padre, a mi madre, a mi tutora, a mis docentes, a todos los que aportaron con un granito de arena para lograr el objetivo

DEDICATORIA

A Augusto mi hijo por el enorme cariño que le tengo y la gran fuerza que me da para seguir adelante, a mi papá y a mi mamá que en paz descansen en retribución al gran ejemplo y apoyo que siempre me dieron

INDICE

RESUMEN EJECUTIVO _____	1
Titulo _____	1
Introducción _____	1
Análisis del problema _____	2
Beneficiarios Directos/indirectos _____	2
Estructura de Objetivos _____	2
Objetivo general _____	2
Objetivos específicos _____	3
Indicadores Matriz Lógica _____	3
Supuestos _____	3
Fuentes de Verificación _____	4
Fuente de Financiamiento _____	4
1. INTRODUCCIÓN _____	5
2. ANTECEDENTES _____	6
3. RELACIÓN DEL PROYECTO DE INTERVENCIÓN CON LINEAMIENTOS DE LA POLÍTICA PÚBLICA _____	8
4. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO _____	10
5. ANÁLISIS DEL PROBLEMA A INTERVENIR _____	11
6. ANÁLISIS DE ACTORES _____	39
6.1 Beneficiarios directos _____	39
6.2 Beneficiarios Indirectos _____	39
6.3 Afectados _____	39
7. CONTEXTO O LUGAR DE INTERVENCIÓN _____	40
8. ESTRUCTURA DE OBJETIVOS _____	40
8.1 OBJETIVO GENERAL _____	40
8.2 OBJETIVO ESPECIFICO _____	40
9. RESULTADOS _____	42
10. ACTIVIDADES _____	42
11. INDICADORES POR LA ESTRUCTURA DE OBJETIVOS _____	43
12. FUENTE DE VERIFICACIÓN _____	45
13. SUPUESTOS _____	45
14. ANÁLISIS DE VIABILIDAD _____	46

15. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD _____	46
15.1 FACTIBILIDAD TÉCNICA _____	47
15.2 FACTIBILIDAD SOCIOECONOMICA _____	47
15.3 FACTIBILIDAD SOCIAL _____	48
15.4 FACTIBILIDAD AMBIENTAL _____	48
16. ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD DEL PROYECTO _____	49
17. IMPACTO ESPERADO DEL PROYECTO _____: _	49
18. FUENTE DE FINANCIAMIENTO PARA EL PRESUPUESTO _____	50
19. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS _____	50
20. ANEXOS _____	51
20.1 ANEXO I.- ARBOL DE PROBLEMAS _____	52
20.2 ANEXO II.- ÁRBOL DE OBJETIVOS _____	53
20.3 ANEXO III.- MATRIZ DE MARCO LÓGICO _____	54
20.4 ANEXO IV.- PRESUPUESTO _____	55
20.5 ANEXO V.- MAPAS DE UBICACIÓN DEL PROYECTO _____	56
20.6 ANEXO VI.- CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES _____	57
20.7 ANEXO VII.- SISTEMA DE MONITOREO Y EVALUACIÓN DEL PROYECTO _____	58

RESUMEN EJECUTIVO

TITULO	IMPLEMENTACIÓN DEL RIEGO TRADICIONAL OPTIMIZADO PARA DISMINUIR LOS EFECTOS NOCIVOS EN LA SALUD DE LOS AGRICULTORES Y SUS FAMILIAS QUE UTILIZAN AGUA DE REÚSO EN RIEGO DE SUS SEMBRADÍOS, COMUNIDAD DE AVIRCATO, MUNICIPIO DE MECAPACA DE LA PAZ, 2017-2018
INTRODUCCIÓN	<p>Frente a la gran escasez de agua potable, surge la necesidad de recurrir a otras fuentes hídricas, aguas residuales domésticas. El empleo informal de aguas negras para el riego agrícola, bien de forma directa o diluida en cauces naturales, es una práctica habitual en Bolivia.</p> <p>Dado que la expansión urbana es geométrica genera un aumento proporcional de la demanda de agua para usos domésticos e industriales, para la satisfacción de dicha demanda, en muchas ocasiones, se absorbe la oferta para riego de aguas residuales en el sector de rio abajo. En este escenario el reúso de aguas residuales se produce de hecho para compensar la falta de recursos hídricos no contaminados y los altos costos de las plantas de tratamiento, que han creado una barrera para la implementación del reúso de aguas residuales tratadas.</p> <p>Los ciclos de reúso son claves para poder vivir bien con agua disponible; la misma agua puede ser utilizada varias veces dentro de un ciclo, como es el caso de las aguas tratadas utilizadas para riego agrícola, que terminan recargando los acuíferos. Cada litro reutilizado reemplaza la necesidad de importar agua ó sobreexplotar los acuíferos.</p> <p>La gestión de los ciclos de reúso requiere de una fuerte participación por parte de los usuarios, empezando con la valoración del adecuado uso de este recurso, el desarrollo de estrategias para evitar la contaminación de los usuarios del mismo con la aceptación de su adecuada utilización.</p> <p>La reutilización es una práctica que viene desarrollándose desde hace más de 2000 años, bien sea de modo organizado, espontáneo, directo o indirecto.</p>

	<p>Actualmente, son cada vez más los países que consideran la reutilización de las aguas residuales un elemento fundamental dentro de sus políticas hídricas.</p> <p>La tecnología de tratamiento que se pretenda instalar para el reúso de agua en riego agrícola debe tener en cuenta:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tipo de cultivo (pueden asimilar diferentes calidades de agua). • Técnicas y sistemas de riego (contenido de partículas que pudieran bloquear o tapar las boquillas u orificios de salida). • Contenido de nutrientes exigidos (para eliminar o reducir el uso de productos agroquímicos). • Manejo laboral de las aguas residuales y del riego para la protección de los agricultores (contenido de patógenos). • Criterios de Salud Pública para la protección de los consumidores (contenido de patógenos).
ANALISIS DEL PROBLEMA	Comunidades de rio abajo del Departamento de La Paz utiliza para agricultura agua de reúso del Rio La Paz, situación que no cambiara en el futuro inmediato, habiéndose identificado importantes efectos nocivos para la salud de los agricultores que manipulan agua de reúso para el riego de sus sembradíos en la comunidad de Avircato en el Municipio de Mecapaca de la provincia Pedro Domingo Murillo del Departamento de La Paz, en el periodo 2017-2018
BENEFICIARIOS DIRECTOS/INDIRECTOS	Beneficiarios directos: Agricultores y sus familias (regantes) Beneficiarios indirectos: Consumidores de los productos producidos con aguas de reúso
OBJETIVO GENERAL	Implementar un riego tradicional optimizado para disminuir los efectos nocivos para la salud en agricultores y sus familias que utilizan agua de reúso en riego de sus sembradíos en la comunidad de Avircato del Municipio de Mecapaca- Provincia Pedro Domingo Murillo del Departamento de La Paz, 2017-2018

OBJETIVOS ESPECIFICOS	<ol style="list-style-type: none"> 1. Contar con el 80% de agricultores y sus familias con conocimiento acerca del grado de contaminación que tiene el agua de reúso que se utilizan en el riego de sus sembradíos y los afectos nocivos en la salud. 2. Contar con el 80% de agricultores y sus familias capacitados acerca de los beneficios de la optimización del riego tradicional y de los cultivos adecuados que se utilizan en el riego de sus sembradíos. 3. Contar con el 50 % de los alimentos en límites permisibles de contaminación para el consumo de las familias.
INDICADORES MATRIZ LÓGICA	<ol style="list-style-type: none"> 1. 90% de agricultores y sus familias disponen de agua para riego habiendo logrado una mayor cobertura de superficie regada 2. 70 % de agricultores y sus familias regantes que cuentan con riego tradicional optimizado en la utilización de aguas de reúso reduciendo en un 50 % los efectos nocivos para la salud 3. 80% de agricultores y sus familias con conocimiento del grado de contaminación del agua de reúso para riego y los efectos nocivos en la salud en caso de uso inadecuado 4. 80% los agricultores y sus familias con conocimiento acerca de los beneficios del riego tradicional optimizado y de los cultivos adecuados para riego con agua de reúso 5. 50% los alimentos se encuentran en los límites permisibles de contaminación al finalizar el proyecto
SUPUESTOS	<p>Los regantes consideran que el incremento de sus ingresos es suficiente a la implementación del riego tradicional optimizado.</p> <p>Aceptación de los regantes para la modificación del tipo de riego y de cultivo con el que actualmente cuentan, en función a los compromisos escritos previos</p> <p>Contar con la participación de los regantes a las capacitaciones en cumplimiento a compromisos escritos previos</p>

	<p>Laboratorios con suficiente capacidad para analizar la microbiología de los alimentos por contar con los insumos necesarios</p> <p>Aceptación de los regantes, a disponer de un área de sus terrenos para la construcción de pasillos de acceso a las parcelas y cultivos</p>
FUENTES DE VERIFICACIÓN	<p>Sistema Nacional de Información de Riego "SNIR"</p> <p>Memorias fotográficas</p> <p>Análisis médicos</p> <p>Encuestas</p> <p>Informes de verificación</p> <p>Ensayos de laboratorios de los alimentos y el análisis de los resultados</p> <p>Reportes de análisis físico, químico y bacteriológico de agua</p> <p>Informes de supervisión de las obras realizadas</p> <p>Actas de asistencia</p> <p>Informes de verificación en campo</p>
FUENTES DE FINANCIAMIENTO	<p>Ministerio de Medio Ambiente y Agua</p>

IMPLEMENTACIÓN DEL RIEGO TRADICIONAL OPTIMIZADO PARA DISMINUIR LOS EFECTOS NOCIVOS EN LA SALUD DE LOS AGRICULTORES Y SUS FAMILIAS QUE UTILIZAN AGUA DE REÚSO EN RIEGO DE SUS SEMBRADÍOS, COMUNIDAD DE AVIRCATO, MUNICIPIO DE MECAPACA EN LA PAZ, 2017-2018

1. INTRODUCCIÓN

Frente a la gran escasez de agua potable, surge la necesidad de recurrir a otras fuentes hídricas, aguas residuales domésticas. El empleo informal de aguas negras para el riego agrícola, bien de forma directa o diluida en cauces naturales, es una práctica habitual en Bolivia¹.

Dado que la expansión urbana genera un aumento proporcional de la demanda de agua para usos domésticos e industriales, para la satisfacción de dicha demanda, en muchas ocasiones, se absorbe la oferta de aguas residuales para riego. En este escenario el reúso de aguas residuales se produce de hecho para compensar la falta de recursos hídricos no contaminados y los altos costos de las plantas de tratamiento, que han creado una barrera para la implementación del reúso de aguas residuales tratadas¹.

Los ciclos de reúso son claves para poder vivir bien con el agua disponible; la misma agua puede ser utilizada varias veces dentro de un ciclo, como es el caso del agua tratada utilizada para riego agrícola, que terminan recargando los acuíferos. Cada litro reutilizado reemplaza la necesidad de importar agua o sobreexplotar los acuíferos¹.

La gestión de los ciclos de reúso de agua requiere de una fuerte participación de los usuarios, empezando con la valoración y aceptación del adecuado uso de este recurso, además del desarrollo de estrategias para evitar la contaminación del mismo².

La reutilización es una práctica que viene desarrollándose desde hace más de 2000 años, bien sea de modo organizado, espontáneo, directo o indirecto. Actualmente, son cada vez más los países que consideran la reutilización de las aguas residuales un elemento fundamental dentro de sus políticas hídricas³.

La tecnología de tratamiento que se pretende instalar para el reúso de agua en riego agrícola debe tener en cuenta: Tipo de cultivo (pueden asimilar diferentes calidades de agua); - Técnicas y sistemas de riego (contenido de partículas que pudieran bloquear o tapar las boquillas u orificios de salida); Contenido de nutrientes exigidos (para eliminar o reducir el uso de productos agroquímicos); Manejo laboral de las aguas residuales y del riego para la protección de los agricultores (contenido de patógenos); Criterios de Salud Pública para la protección de los consumidores (contenido de patógenos)⁴.

En Bolivia específicamente en la ciudad de La Paz, en las partes bajas del río La Paz, diversas superficies agrícolas son irrigadas con el agua contaminada del río. Las verduras así producidas son consumidas mayormente en la ciudad de La Paz. El reúso del agua del río La Paz trae consigo muchos peligros para la salud de los pobladores que viven en sus márgenes y de los agricultores, estos peligros van desde el contagio de enfermedades gastrointestinales hasta la contaminación por contacto⁵.

Respecto a los peligros de salud, se conoce que todos los ríos de la ciudad llevan consigo gran cantidad de gérmenes patógenos y otras sustancias que ponen en peligro la salud; las posibilidades de contaminación se encuentran por lo tanto a todo lo largo de los ríos abiertos y esencialmente en los agricultores que usan estas aguas en sus cultivos⁵.

El fin del proyecto no se limita esencialmente a resolver los problemas de una comunidad específica de río abajo en el departamento de La Paz, sino más bien que se pueda replicar en comunidades con características similares que se encuentran en toda Bolivia.

2. ANTECEDENTES

En Bolivia, para conocer la situación actual de la problemática del reúso, se trabajó considerando los aspectos institucionales y normativos del país en relación al reúso de aguas en la agricultura, analizando la situación de 111 casos de estudio, tomando como base zonas donde se reporta un déficit hídrico, zonas áridas y semiáridas de Bolivia. El 55% de los casos estudiados fueron realizados en la región de los Valles, esto debido a que la actividad agrícola es mucho mayor, al igual que la cantidad de agua requerida; la segunda región donde se realizó el estudio fue en la región del Altiplano debido a la escasez hídrica de la zona. En los

estudios se encontró un 74% de presencia de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, sin embargo, el 26% restante no existe una Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, y se refiere a poblaciones donde existe el aprovechamiento de aguas residuales sin ningún tipo de tratamiento (PRograma de Apoyo al desarrollo agropecuario sostenible en Bolivia (PROAGRO), 2013).

En Bolivia existen aproximadamente 5000 hectáreas regadas con aguas residuales, 86% de las cuales se encontrarían en los departamentos de La Paz y Cochabamba. Dichas áreas de riego se encuentran en su mayoría en zonas de alto estrés hídrico, tanto en el altiplano como en los valles y por supuesto en las proximidades de zonas metropolitanas, particularmente en las cuencas del río Rocha en Cochabamba y el río La Paz. Mientras que las aguas residuales de la ciudad de Cochabamba son vertidas en el río Rocha con algún tratamiento previo, en el caso de La Paz el sistema de alcantarillado de la ciudad no cuenta con tratamiento alguno¹.

El municipio de Mecapaca, ubicado en la zona denominada Río Abajo, está compuesta por comunidades cuyo emplazamiento se encuentra a lo largo del Río La Paz, el mismo que es cuerpo receptor de aguas naturales (de los ríos Hampaturi, Palcoma, Irpavi, Choqueyapu, Orkojahuirra, Huañajahirra y otros), los cuales sin embargo son todos receptores de las aguas residuales provenientes de la ciudad de La Paz, Mallasa, Mallasilla y Lipari. A pesar de que no existe una planta de tratamiento de aguas residuales, las comunidades de Río Abajo están habituadas al reúso de aguas del río La Paz para fines de riego. Tal es así que por lo menos ocho comunidades usan las aguas contaminadas del río La Paz para fines de riego y con resultados alentadores desde el punto de vista eminentemente productivo¹.

Si bien la práctica del reúso en Bolivia muestra que, en un escenario de escasez de agua para riego, las aguas residuales son un recurso reconocido como fuente de agua para su uso en la agricultura, deben preocupar las prácticas de reúso no controlado de aguas residuales con fines de riego por los impactos posibles en la salud de los agricultores y su ganado, así como en los consumidores de los productos comercializados¹.

A este respecto, de acuerdo a la Organización Mundial de la Salud, cuando existe contacto con aguas residuales no tratadas, existen riesgos de infección por helmintos en adultos y

niños que trabajan en tareas agrícolas, así como riesgos de infección por anquilostoma en trabajadores que no usan zapatos, riesgos de enfermedades diarreicas en niños pequeños, riesgos de infección por salmonella en niños expuestos, gastroenteritis por norovirus en adultos expuestos, infecciones digestivas por giardiainestinalis por el contacto con las aguas y riesgos de cólicos intestinales y diarreas por amebiasis. Para los consumidores de este tipo de productos, se presentan riesgos importantes de infección al sistema digestivo por bacterias y virus (cólera, tifus y shigelosis) o infecciones por contacto originados en protozoos (*Helicobacter pylori*).

Por otra parte, los productores de ganado en la zona han detectado que sus animales contraen brucelosis, posiblemente a consecuencia de la ingesta de aguas residuales y de alimentos regados con aguas residuales no tratadas. Otras enfermedades que puede contraer el ganado por la ingesta de forrajes regados con aguas residuales son la *Taeniasaginata* y la *Taeniasolium*, las cuales provocan un bajo crecimiento del ganado y podrían también afectar la salud de consumidores de carne bovina si esta se ingiere mal cocida¹.

3. RELACIÓN DEL PROYECTO DE INTERVENCIÓN CON LINEAMIENTO A LA POLÍTICA PÚBLICA

Dentro de la Constitución Política del Estado⁷ se puede relacionar el proyecto de Intervención con varios artículos de la misma referidos a la salud, el agua y el riego.

Artículo 9.- Son fines y funciones esenciales del Estado⁸, además de los que establece la Constitución y la ley: 5. Garantizar el acceso de las personas a la educación, a la salud y al trabajo.

Artículo 18.- I. Todas las personas tienen derecho a la salud; II. El estado garantiza la inclusión y el acceso a la salud de todas las personas, sin exclusión ni discriminación alguna.

Artículo 35.- I. El Estado, en todos sus niveles, protegerá el derecho a la salud, promoviendo políticas públicas orientadas a mejorar la calidad de vida, el bienestar colectivo y el acceso gratuito de la población a los servicios de salud.

Artículo 37.- El Estado tiene la obligación indeclinable de garantizar y sostener el derecho a la salud, que se constituye en una función suprema y primera responsabilidad financiera. Se priorizará la promoción de la salud y la prevención de las enfermedades.

Artículo 46.- I. Toda persona tiene derecho: 1. Al trabajo digno, con seguridad industrial, higiene y salud ocupacional, sin discriminación, y con remuneración o salario justo, equitativo y satisfactorio, que le asegure para sí y su familia una existencia digna.

Artículo 306.- V. El Estado tiene como máximo valor al ser humano y asegurará el desarrollo mediante la redistribución equitativa de los excedentes económicos en políticas sociales, de salud, educación, cultura, y en la reinversión en desarrollo económico productivo.

Artículo 373.- I. El agua constituye un derecho fundamentalísimo para la vida, en el marco de la soberanía del pueblo. El Estado promoverá el uso y acceso al agua sobre la base de principios de solidaridad, complementariedad, reciprocidad, equidad, diversidad y sustentabilidad⁷.

Artículo 374 I. El Estado protegerá y garantizará el uso prioritario del agua para la vida. Es deber del Estado gestionar, regular, proteger y planificar el uso adecuado y sustentable de los recursos hídricos, con participación social, garantizando el acceso al agua a todos sus habitantes. La ley establecerá las condiciones y limitaciones de todos los usos. II. El Estado reconocerá, respetará y protegerá los usos y costumbres de las comunidades, de sus 86 autoridades locales y de las organizaciones indígenas originarias campesinas sobre el derecho, el manejo y la gestión sustentable del agua⁷.

Artículo 375 I. Es deber del Estado desarrollar planes de uso, conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de las cuencas hidrográficas. **II. El Estado regulará el manejo y gestión sustentable de los recursos hídricos y de las cuencas para riego, seguridad alimentaria y servicios básicos, respetando los usos y costumbres de las comunidades.**

Los artículos nombrados anteriormente son el FIN grande adonde se quiere contribuir con el proyecto, a través del Plan de Desarrollo Económico y Social⁹ en el Marco del Desarrollo

Integral para vivir bien (PDES 2016-2020) que se constituye en el marco estratégico y de priorización de Metas, Resultados y Acciones a ser desarrolladas sobre la base de la Agenda Patriótica 2025, la cual está planteada en trece pilares de los cuales dos pilares: el Tercero y el Sexto son los que se relacionan con el proyecto:

Pilar 3: Salud, educación y deporte para la formación de un ser humano integral

3.1 Salud En los últimos años se han realizado esfuerzos significativos para cambiar el modelo de salud boliviano, incorporando un enfoque de carácter universal, intercultural y comunitario con un fuerte énfasis hacia la promoción de la salud y prevención de la enfermedad; sin embargo, todavía quedan desafíos para consolidar un servicio de salud de alta calidad para las bolivianas y los bolivianos. Por lo mismo, esta es la prioridad hacia el 2020.

Pilar 6: Soberanía productiva con diversificación y desarrollo integral sin la dictadura del mercado capitalista.

6.3 Riego Se ha establecido este decenio como la “Década del Riego” 2015-2025 y se tiene previsto alcanzar una Meta de 1 millón de hectáreas regadas. Esto implica que en este período se deberá avanzar de forma significativa en el incremento de la superficie regada de tal modo que se pueda alcanzar esta Meta al año 2025, tomando en cuenta que actualmente el país cuenta con 362.000 hectáreas bajo riego.

En el país se ha realizado un enorme esfuerzo para ampliar la superficie de riego con la implementación del Programa MI RIEGO I y II y con la implementación del Plan Nacional de Cuencas, y se considera importante dar continuidad a estas experiencias exitosas. Las Acciones necesarias para el cumplimiento de estos Resultados incluyen la ampliación de la capacidad de los sistemas de riego, la incorporación de riego tecnificado, la construcción de represas y tecnologías de cosecha de agua.

4. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El agua proveniente del Rio La Paz considerada como agua de reúso es utilizada para la agricultura en el riego, en comunidades de rio abajo del departamento de La Paz. Es un hecho

que esta situación actual no cambiará en un futuro inmediato, por tanto, es de suma importancia mejorar las condiciones de los agricultores y consumidores expuestos, tanto al agua de reúso como a los alimentos producidos en estas condiciones.

El reúso del agua del río La Paz trae consigo muchos peligros para la salud de los pobladores que viven en sus márgenes y de los agricultores, estos peligros van desde el contagio de enfermedades gastrointestinales hasta la contaminación por contacto.

Respecto a los peligros de salud, se conoce que todos los ríos de la ciudad llevan consigo gran cantidad de gérmenes patógenos y otras sustancias que ponen en peligro la salud; las posibilidades de contaminación se encuentran por lo tanto a todo lo largo de los ríos abiertos y esencialmente en los agricultores que usan estas aguas en sus cultivos.

Apuntando a solucionar esta situación actual de los agricultores (regantes) se deberá trabajar con los mismos principalmente en la concientización de readecuación de sus usos y costumbres en función de una mejora integral a nivel personal, familiar y comunitaria, transmitiéndoles conocimientos e intercambiando experiencias acerca de la tecnología de tratamiento que se pretende instalar para el reúso de agua en riego agrícola, a través de la elección del tipo de cultivo, técnicas y sistemas de riego, contenido de nutrientes exigidos (calidad de agua), manejo laboral de las aguas de reúso en el riego para la protección de los agricultores, criterios de Salud Pública para la protección de los consumidores. Por otro lado, es importante tomar en cuenta la situación económica de los agricultores, para que la misma no se vea afectada.

La estrategia de intervención será esencialmente trabajada a partir de capacitaciones a la comunidad de regantes e implementación de un sistema de riego tradicional optimizado que disminuya los efectos nocivos para la salud en las familias de agricultores que usan agua de reúso en riego de sus sembradíos, de forma tal de conseguir la aplicación de los conocimientos transmitidos y utilización de las estructuras construidas hasta la primera cosecha.

5. ANÁLISIS DEL PROBLEMA A INTERVENIR

Se presenta el MARCO CONCEPTUAL que sirve para definir la tecnología de tratamiento que se pretende instalar para el reúso de agua en riego agrícola:

Tipo de cultivo

Los criterios de calidad para la irrigación con aguas residuales en la agricultura dependen del tipo de reúso agrícola a utilizar de acuerdo al cultivo.

- Reúso agrícola en cultivos que se consumen y no se procesan comercialmente (Hortalizas frescas).
- Reúso agrícola en cultivos que se consumen y se procesan comercialmente (Tomate enlatado).
- Reúso agrícola en cultivos que no se consumen (Pastos).

Para la elección del tipo de cultivo, las normas establecidas a nivel mundial han sido en general muy estrictas, ya que se han basado en evaluación teórica de los posibles riesgos que para la salud tiene la supervivencia de agentes patógenos en las aguas residuales, el suelo y los cultivos.

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de Norteamérica (EPA) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomiendan una normativa sobre la reutilización de aguas residuales para riego agrícola, pero son los de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de Norteamérica más estrictas como se puede observar en las siguientes tablas 5.1 y 5.2

Tabla 5.1 Recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud para reutilización de aguas residuales en riego agrícola

Indicadores microbiológicos	Hortalizas y frutas crudas	Cereales y cultivos para conservas
Nematodos intestinales (media aritmética huevos/L)	< 1	< 1
Coliformes fecales (media geométrica/100 mL)	< 1000	-----
Tratamiento orientativo	Lagunas de estabilización ¹ o equivalentes	Lagunas de estabilización o equivalentes
Grupo expuesto	Trabajador, consumidor	Trabajador

1. Cuatro o seis lagunas de estabilización con tiempo de retención de 20 d a temperatura > 20°C
Fuente: Veliz, et al., 2009

Tabla 5.2 Normativa de la EPA sobre reutilización de aguas residuales para uso agrícola

Tipo de reúso	Tratamiento	Calidad
Riego de cultivos comestibles no procesados comercialmente	Secundario: Filtración Desinfección	pH = 6 - 9 < 10 mg/L DBO < 2 UNT 0 CF/100 mL 1 mg/L ClO ₂
Riego de cultivos que se consumen procesados	Secundario: Desinfección	pH = 6 - 9 < 30 mg/L DBO < 30 mg/L SS 200 CF/100 mL 1 mg/L ClO ₂
Riego de pastos de animales productores de leche y cultivos industriales	Secundario: Desinfección	pH = 6 - 9 < 30 mg/L DBO < 30 mg/L SS 200 CF/100 mL 1 mg/L ClO ₂

Fuente: EPA, 2012

SS Sólidos Suspendidos; **DBO** Demanda Bioquímica de Oxígeno; **CF** Coliformes Fecales; **ClO₂** Dióxido de Cloro; **UNT** Unidad Nefelométrica de Turbidez

Desinfección

Es la destrucción de organismos potencialmente dañinos y comúnmente, constituye la etapa final de todo tratamiento del agua. En las plantas de tratamiento debe ponerse especial atención en la selección de esta etapa para evitar la formación de compuestos no deseados. La desinfección puede realizarse aplicando métodos físicos (elevación de la temperatura, luz ultravioleta) o químicos en los que se usan sustancias llamadas desinfectantes, como son el cloro, el ozono y los iones metálicos.

Filtración

La filtración es una operación unitaria muy utilizada en el tratamiento del agua y de aguas residuales para la remoción de la materia particulada que se encuentra en el agua. La filtración es efectiva para la remoción de algas, compuestos húmicos coloidales, virus, fibras de asbesto, y partículas coloidales de arcilla.

El mecanismo que describe al proceso de filtración puede considerarse que ocurre en dos etapas distintas pero complementarias como lo sugiere O'Melia y Stumm:

- Transporte de partículas dentro de los poros por mecanismos de cernido, sedimentación, interceptación, difusión e impacto inercial.
- La adherencia a los granos del medio por medio de fuerza de Van de Waals, fuerzas electroquímicas y puente químico.

Los factores o variables que influyen en el proceso de filtración son:

- Características del agua a filtrar. Concentración de sólidos, tamaño y distribución de las partículas y consistencia del flóculo.
- Tipo de medio filtrante. Tamaño o forma del grano, la relación superficie-volumen. La eficiencia es inversamente proporcional al diámetro de las partículas.
- Velocidad de filtración. Influye en la superficie requerida para la filtración y es inversamente proporcional a la eficiencia.
- Temperatura. La temperatura del agua influye en los mecanismos físicos y químicos de la filtración.
- Acondicionamiento del flóculo afluente. La aplicación de compuestos químicos aumenta o disminuye la adhesividad de las partículas al medio filtrante.

Para lograr la remoción de protozoarios mediante el tratamiento y la desinfección, se debe considerar lo siguiente:

- La remoción de partículas mediante coagulación, sedimentación, filtración y desinfección.
- El tratamiento combinado de coagulación con filtración convencional logra una remoción de 99% a 99,99% de quistes. La filtración es la mejor manera de optimizar el proceso.
- La filtración rápida no garantiza la remoción de Giardia y Cryptosporidium.
- Se ha demostrado la presencia de Cryptosporidium en el agua de retrolavado de los filtros, por lo que se considera que esta es una fuente potencial de contaminación. • El ooquiste de Cryptosporidium es 30 veces más resistente al ozono que el quiste de Giardia.
- Los quistes de Giardia y los ooquistes de Cryptosporidium son extremadamente resistentes al cloro y demás desinfectantes en las concentraciones que comúnmente se usan para la desinfección de agua.

- El ozono y el dióxido de cloro son varias veces más efectivos para eliminar la Giardia y el Cryptosporidium que el cloro libre.
- Se ha demostrado que los brotes de Giardia y Cryptosporidium están asociados con aguas de abastecimiento que provienen de fuentes de aguas superficiales. Los reportes mencionan que, al menor incremento de la turbidez del agua tratada, aumenta el riesgo de transportar partículas con las dimensiones de la Giardia y el Cryptosporidium.

Se observan las siguientes condiciones de riesgo:

- Aguas con turbidez de 0,7 pueden indicar la presencia de quistes; es ideal una turbidez de 0,1 UNT.
- Deficiencias en los filtros.
- Deficiente control de la coagulación y remoción de sólidos.
- No existe una buena correlación con los parámetros microbiológicos de calidad de agua tradicionales con la presencia de Giardia y Cryptosporidium. Se ha encontrado una correlación aceptable con niveles de turbidez y conteo de partículas de 5 µm. El tratamiento multibarrera que incluye filtración es la mejor forma de disminuir el riesgo de exposición frente a los enteroparásito.

A pesar de que mundialmente se ha progresado en el control de la contaminación de las aguas residuales municipales, aun se sigue regando con aguas residuales sin tratar (Jiménez y Asano, 2008a).

La agricultura es el usuario principal de agua de reúso, al igual que de agua dulce. Se ha informado que al menos 44 países utilizan agua regenerada para el riego agrícola, con un uso total de más de 15 hm³/d (Jiménez y Asano, 2008b). En la Tabla 5.3, se muestra la amplia gama de cultivos que se riegan con aguas residuales sin tratar o tratadas parcialmente (esta tabla no incluye todos los cultivos, pero muestra los más comunes). Muchas más variedades de cultivos podrían utilizar agua regenerada bajo condiciones adecuadas (Asano et al., 2007; Lazarova y Bahri, 2005; Mujeriego, 1990; Pescod, 1992; Pettygrove y Asano, 1985)

Tabla 5.3 Cultivos agrícolas que utilizan aguas residuales municipales sin tratar o tratadas parcialmente

Tipos de cultivo	Ejemplos de cultivos
Agrícola	Cebada, maíz, avena, trigo
De fibras y semillas	Algodón, semillas de flores y hortalizas
De hortalizas que pueden consumirse crudos	Brócoli, repollo, coliflor, apio, tomate verde, lechuga, pimienta, tomate
De hortalizas que se procesarán antes del consumo	Alcachofa, frijol, cebolla, maní, papa, espinaca, remolacha, girasol
Para forraje	Alfalfa, cebada, trébol, heno, maíz, pasto
Huertos y viñedos	Árboles frutales, manzanos, cítricos, limoneros, duraznos, ciruelos, olivos, dátiles
Invernaderos	Flores

Fuente: Asano et al. (2007); Jiménez y Asano (2008b); Lazarova y Bahri (2005); Pescod (1992); California State Water Resources Control Board (1990).

Los constituyentes en agua residual tratada que preocupan si esta se utiliza para la irrigación en agricultura son: salinidad, sodio, elementos traza, excesivo cloro residual y nutrientes, la

sensibilidad es generalmente una función de la tolerancia de las plantas a éstos constituyentes encontrados en la zona de la raíz o depositados en el follaje.

El riego de cultivos de alimentos comercialmente procesados con agua reutilizada, es muy común a nivel mundial. Sin embargo, existen regiones donde el agua sin tratamiento o un inapropiado tratamiento en su reutilización es mezclado con agua de ríos y utilizada para riego de los cultivos arriba mencionados, provocando graves enfermedades gastrointestinales a los consumidores de estos cultivos. El riego para cultivos no alimenticios, pastura para animales lecheros, fibra y cultivos de semilla con agua reutilizada es menos complicado y mayormente aceptado por los agricultores (EPA, 2012)

Técnicas de riego

El agua y la seguridad alimentaria están estrechamente relacionadas ya que la falta de acceso al agua es un factor limitativo muy importante para aumentar la producción de alimentos.

La cantidad de agua dulce por persona disminuye a medida que aumenta la población. El aumento de la población tiene impacto sobre el recurso agua y disponibilidad de esta. La producción de alimentos para satisfacer las necesidades del incremento en población requiere una cantidad de agua que sobrepasa por mucho la cantidad de agua necesaria para las necesidades domésticas.

Todos estos problemas aumentan a medida que se intensifica el uso del agua. Además, a medida que los recursos hídricos convencionales se acaban hay que utilizar recursos adicionales. Pueden utilizarse para regar aguas salobres y aguas residuales urbanas, pero si no se manejan adecuadamente pueden surgir problemas de salud pública¹⁰.

El conocimiento del balance hídrico del suelo y la atmósfera en la zona de enraizamiento del cultivo regado es fundamental para una buena gestión del agua en regadío. Para un manejo adecuado del riego, es necesario establecer el modo, la cantidad y la temporalidad del riego.

Los métodos de riego pueden clasificarse del siguiente modo¹¹.

- Riego de superficie, o por gravedad, comprendido el riego por inundación, en canteros tradicionales y surcos cortos o en canteros con nivelado de precisión.

- Riego por aspersión, con sistemas estáticos y disposición en cuadrícula fija o móvil.
- Riego localizado, comprendido el riego por goteo, por difusores o borboteadores (bubblers)
- Riego subterráneo, realizado por control de la profundidad de la capa freática.

Seis claves para mejorar la eficiencia de riego

- reducir las filtraciones de los canales por medio de revestimientos o utilizar tuberías;
- reducir la evaporación evitando los riegos de medio día y utilizar riego por aspersión por debajo de la copa de los árboles en vez de riego por aspersión sobre la copa de los mismos;
- evitar el riego excesivo;
- controlar las malas hierbas en las fajas entre cultivos y mantener secas estas fajas;
- sembrar y cosechar en los momentos óptimos;
- regar frecuentemente con la cantidad correcta de agua para evitar déficits de humedad del cultivo

América Latina y el Caribe tienen el 30% del agua dulce del mundo. Una proporción generosa si se considera que en América Latina y el Caribe, existen marcadas diferencias de disponibilidad de agua dulce entre las cuatro subregiones de las Américas. La tabla 5.4 muestra la disponibilidad de agua dulce per cápita en Norteamérica, Sudamérica, Centroamérica y las Antillas caribeñas¹².

Tabla 5.4 Disponibilidad de agua dulce per cápita

Norteamérica	37 000 m ³ /habitante/año
Sudamérica	17 000 m ³ /habitante/año
Centroamérica	8 000 m ³ /habitante/año
Antillas caribeñas	2 600 m ³ /habitante/año

Fuente: P. Soderberg, 2014

Estas diferencias significativas de disponibilidad de agua también se encuentran dentro de varios países de América Latina. Algunos ejemplos de áreas dentro de países donde el agua no es abundante son: El Valle central en Chile, los sectores costeros de Perú, el Valle del Cauca en Colombia, el Altiplano en Bolivia y el Chaco, que es compartido con Paraguay, Argentina y Brasil¹³.

El 70% del agua dulce que se extrae a nivel mundial se usa en la agricultura¹⁴.

Los agricultores adoptarán tecnologías de riego que ahorren agua si tienen incentivos, siendo uno de los más importantes el aumento del precio del agua de riego. El riego subterráneo y el riego por goteo son probablemente las principales tecnologías que serán aplicadas en los países en desarrollo, donde normalmente la mano de obra es abundante y los recursos financieros escasos.

La elección de los métodos de riego está impuesta por gran número de factores, en la tabla 5.5 se observa un resumen.

Tabla 5.5 Factores que favorecen la elección del método de riego

Factores	Riego de superficie	Aspersión	Riego localizado
Precio del agua	Bajo	Medio	Alto
Suministro del agua	Irregular	Regular	Continuo
Disponibilidad del agua	Abundante	Media	Limitada
Pureza del agua	No limitante	Sin sólidos	Elevada
Capacidad de infiltración del suelo	Baja a media	Media a alta	Cualquiera
Capacidad de almacenamiento del suelo	Alta	Media a baja	No limitante
Topografía	Plana y uniforme	Relieve suave	Irregular
Sensibilidad al déficit hídrico	Baja	Moderada	Alta
Valor de la producción	Bajo	Medio	Alto
Costo de la mano de obra	Bajo	Medio	Alto
Costo de la energía	Alto	Bajo	Moderado
Disponibilidad de capital	Baja	Media a alta	Alta
Exigencia en tecnología	Limitada	Media a alta	Elevada

Fuente: (Pererira y Trout, 1999)

Tabla 5.6 Eficiencias de la aplicación de los sistemas de riego bien proyectado y mantenido

Sistema de riego	Eficiencia (%)
Riego por gravedad con nivelado de precisión	
1. Surcos	65-85
2. Fajas	70-85
3. Canteros	70-90
Riego por gravedad tradicional	
1. Surcos	40-70
2. Fajas	45-70
3. Canteros	45-70
Riego por aspersión	
1. sistemas estacionarios de cobertura total	65-85
2. sistemas estacionarios desplazables manualmente	65-80
3. laterales con ruedas	68-80
4. cañón con enrollador o con cable	55-70
5. laterales móviles, con pivote central	65-85

Microrriego (riego localizado)	
1. goteros ~ 3 emisores por planta (frutales)	85-95
2. goteros < 3 emisores por planta	80-90
3. micro-aspersores y difusores (frutales)	85-95
4. línea continua de emisores gota-a-gota	70-90

Fuente: (Santos, et. al. 2010)

Los agricultores adoptarán tecnologías de riego que ahorren agua si tienen incentivos, siendo uno de los más importantes el aumento del precio del agua de riego. El riego subterráneo y el riego por goteo son probablemente las principales tecnologías que serán aplicadas en los países en desarrollo, donde normalmente la mano de obra es abundante y los recursos financieros escasos.

Ambas tecnologías se basan en la aplicación frecuente de pequeñas cantidades de agua directamente a las raíces de los cultivos. Además, estas tecnologías que ahorran agua, particularmente el riego por goteo, tienen la ventaja adicional de incrementar los rendimientos de los cultivos y reducir la salinización de los suelos. Además, como estos dos sistemas evitan el contacto del agua con las hojas, pueden usarse aguas salobres para regar cultivos moderadamente tolerantes a la salinidad.

En la tabla 5.7 se indica diversos tipos de sistemas de riego, junto con las características más destacadas de cada uno de ellos y las condiciones más adecuadas para su uso.

Tabla 5.7 Sistema de riego y sus características

Idoneidad y condiciones de utilización					
Sistema de riego	Cultivos	Topografía	Suelo	Agua	Eficacia de aplicación %
Sistema de riego por aspersión					
Portátil	Árboles frutales, forrajes, cereales, alfalfa, viñedos, hortalizas y cultivos de crecimiento lento	Desnivel máximo de un 20%	VI mínima de 2.5 mm/hora CRA: 75 mm	Cantidad: ninguna Calidad: una elevada MDT puede causar quemaduras en las hojas	70-80
Sobre ruedas desplazamiento lateral	Cualquier cultivo de menos de 90 cm de alto	Desnivel máximo de un 15%	VI mínima de 2.5 mm/hora CRA: 75 mm	Cantidad: ninguna Calidad: una elevada MDT puede causar quemaduras en las hojas	
Fijo	Sin restricción	Sin restricción	VI mínima de m.2m/hora	Cantidad: ninguna Calidad: una elevada MDT puede causar quemaduras en las hojas	

Pivote central o de desplazamiento lateral automático	Cualquier cultivo a excepción de árboles	Desnivel máximo de un 15%	VI mínima de 7.5 mm/hora CRA: 50 mm	Cantidad: requiere grandes cantidades de caudales Calidad: una elevada MDT puede causar quemaduras en las hojas	
Cañón de riego	Forrajes, cereales, alfalfa, cultivos y hortalizas	Desnivel máximo de un 15%	VI mínima de 7.5 mm/hora CRA: 50 mm	Cantidad: 0.4 a 4 m ³ /min. unidad Calidad: una elevada MDT puede causar quemaduras en las hojas	
Sistemas de riego superficial					
Amelgas inclinadas hasta 4.5 m de ancho	Forraje, cereales, alfalfa, viñedos	Desnivel máximo de un 7%. Desnivel transversal del 0.2%	VI mínima de 7.5 mm/hora VI máxima de 150 mm/hora	Cantidad: requiere caudales moderados	65-85
Amelgas inclinadas de hasta 30 m de ancho	Forraje, cereales, alfalfa, viñedos	Desnivel máximo entre 0.5 y 1.0%. Desnivel transversal del 0.2%	VI mínima de 7.5 m/hora VI máxima de 150 m/hora Profundidad: suficiente para el desnivel exigido	Cantidad: requiere grande caudales	
Riego por canchales (a nivel)	Cereales, cultivos en hilera, arroz, árboles frutales	Desnivel máximo nivelado Desnivel transversal del 0.2%	VI mínima de 2.5 mm/hora VI máxima de 150 mm/hora Profundidad: suficiente para el desnivel exigido	Cantidad: requiere caudales moderados	75-90
Surcos	Hortalizas, cultivos en hileras, árboles frutales, viñedos	Desnivel máximo de un 3%. Desnivel transversal del 10% (problemas de erosión)	VI mínima de 2.5 mm/hora VI máxima: sin restricción, siempre que la longitud del surco sea ajustada a la entrada Profundidad: suficiente para el desnivel exigido	Cantidad: requiere caudales moderados	70-85
Surcos curvo en desnivel (gravedad contourfurrows)	Hortalizas, cultivos en hilera, árboles frutales, viñedos	Desnivel máximo de un 8% en ondulación. Desnivel transversal del 10% (problemas de erosión)	VI mínima de 2.5 mm/hora VI máxima: sin restricción, siempre que la longitud del surco sea ajustada a la entrada. Es necesario que los suelos no formen costras	Cantidad: requiere caudales moderados	
Sistema de riego localizado					
Riego localizado	Árboles frutales, viñedos, hortalizas, plantas de vivero	Sin restricciones	VI mínima de 0.5 mm/hora	Cantidad: sin restricción	70-85

VI= velocidad de infiltración, CRA= capacidad de retención de agua, MDT= materia disuelta total
Fuente: Mujeriego, 1990

Calidad de agua (nutrientes, patógenos y metales pesados)

Siendo el reúso en agricultura uno de los tipos más demandados a nivel mundial, es de suma importancia entender y conocer los factores que determinen el éxito o fracaso en este tipo de reúso. De la misma manera la calidad del agua debe ser de suma importancia para el riego de cultivos. Se debe identificar los constituyentes necesarios para el tipo de cultivo a ser irrigado. La sensibilidad de las plantas se da en las raíces o el follaje, y el agua de reúso contienen altas concentraciones de estos constituyentes que las aguas superficiales y subterráneas. (EPA, 2012)

Los tipos y concentraciones de los constituyentes en el agua de reúso dependen del suministro del agua municipal, del tipo de influente, de la composición y cantidad de la infiltración en el sistema de alcantarillado, del proceso de tratamiento. (EPA, 2012)

Los elementos presentes en las aguas residuales, que pueden limitar su uso en riego, son los siguientes: Sólidos en suspensión; Materia orgánica biodegradable; Patógenos; Nutrientes; Materia orgánica no biodegradable; pH; Metales pesados; Conductividad eléctrica; Cloro residual.

La salinidad del agua es más agresiva en las regiones áridas y semiáridas que en las húmedas, pues en éstas no suele haber acumulación de sales y los efectos nocivos normalmente desaparecen.

Hay dos compuestos que deben tomarse en cuenta: el sodio y los cloruros. El primero puede ser un elemento perjudicial sobre todo en los terrenos arcillosos, pues reduce su permeabilidad; aguas con poca salinidad, pero ricas en bicarbonatos pueden acarrear este problema. Los cloruros son particularmente malos para los plántulos de frutales, aunque inocuos para las demás cosechas.

La calidad del agua para irrigación está determinada por la cantidad y tipo de sales que la constituyen. El agua de riego puede crear o corregir suelos salinos o alcalinos. La concentración de sales en el agua de riego reduce el agua disponible para los cultivos, es decir la planta debe ejercer mayor esfuerzo para poder absorber el agua; puede llegar incluso a sufrir estrés fisiológico por deshidratación, afectando su crecimiento. Dependiendo de la

clase de las sales disueltas, estas alteran y modifican el desarrollo de la estructura del suelo, lo cual reduce su infiltración (Moya, 2009).

Para evaluar la calidad del agua de reúso con respecto a la salinidad, la FAO, publicó recomendaciones para el riego agrícola con agua tratada. Tabla 5.8

Tabla 5.8 Guías de calidad del agua para riego

Posible Problema en el riego		Unidades	Grado de restricción en riego		
			Ninguno	Moderado	Severo
Salinidad (afecta la disponibilidad del agua en el cultivo)					
	Conductividad eléctrica	dS/m	< 0.7	0.7-3.0	> 3.0
	SDT	mg/L	< 450	450-2000	> 2000
Permeabilidad (afecta la tasa de infiltración del agua en el suelo) evaluada con la conductividad eléctrica y SAR					
SAR	0-3	dS/m	> 0.7	0.7-0.2	< 0.2
	3-6		> 1.2	1.2-0.3	< 0.3
	6-12		> 1.9	1.9-0.5	< 0.5
	12-20		> 2.9	2.9-1.3	< 1.3
	20-40		> 5.0	5.0-2.9	< 2.9
Toxicidad de un Ion en particular (afecta la sensibilidad del cultivo)					
Sodio (Na)					
	Riego superficial	SAR	< 3	3-9	> 9
	Riego por aspersión	meq/l	< 3		> 3
Cloro (Cl)					
	Riego superficial	meq/l	< 4	4-10	> 10
	Riego por aspersión	meq/l	< 3		> 3
	Boro (B)	mg/L	< 0.7	0.7-3.0	> 3
Otros					
	Nitrato (NO ₃ -N)	mg/L	< 5	5-30	> 30
	Bicarbonato (HCO ₃)	meq/l	< 1.5	1.5-8.5	> 8.5
pH			Rango normal de 6.5-8.4		

Nota: Adaptado de la FAO (1985) La conductividad eléctrica, mide la salinidad en el agua, se reporta en decisiemens por metro a 25°C o en miliohms por centímetro (mmho/cm), ambas son equivalentes. SAR es la relación de adsorción del porcentaje de infiltración se incrementa con el incremento de la salinidad del agua. Para el riego superficial, muchos árboles son sensibles al cloro y sodio. Con el riego por aspersión y la humedad baja (<30 por ciento), el sodio y el cloruro pueden ser absorbidos a través de las hojas de los cultivos sensibles.

Fuente: EPA, 2012

A continuación, se presentan los elementos presentes en las aguas residuales, que pueden limitar su uso en riego:

- Sólidos en suspensión: Su acumulación da lugar a depósitos de lodos que generan condiciones anaeróbicas en el suelo, pudiendo, además, provocar obturación en sistemas de riego localizados.

- Materia orgánica biodegradable: Las proteínas, carbohidratos y grasas generan unas necesidades de oxígeno disuelto, medidas como DBO₅ o DQO (Demanda bioquímica y química de oxígeno), cuya no satisfacción da lugar al desarrollo de condiciones sépticas.
- Patógenos: La presencia de virus (enterovirus, adenovirus, rotavirus), bacterias (coliformes, etc.), protozoos o helmintos de origen humano y su posible transmisión a través de los productos cultivados puede ser origen de diversas enfermedades.
- Nutrientes: Los nutrientes como nitrógeno, fósforo o potasio esenciales para el desarrollo vegetal, enriquecen las aguas para riego, pero una carga excesiva puede provocar efectos nocivos para el terreno y/o las aguas subterráneas.
- Materia orgánica no biodegradable: Determinados productos tóxicos no degradables por los sistemas de tratamientos, tales como fenoles, pesticidas y órganoclorados, pueden limitar el uso en riego.
- pH: El pH del agua afecta la solubilidad de los metales y pueden alterar el equilibrio del suelo.
- Metales pesados: Los vertidos industriales, sobre todo, pueden aportar al agua metales como cadmio, mercurio, cinc y otros, cuya presencia reduce la aplicabilidad para riego de las aguas residuales por sus efectos tóxicos para los cultivos y la salud.
- Conductividad eléctrica: Una excesiva salinidad derivada de la presencia de iones Na, Ca, Mg, Cl, o B, puede producir daños a los cultivos y provocar problemas de permeabilidad en el suelo (SAR).
- Cloro residual: Concentraciones de radicales de cloro libre mayores que 0,5 mg/l, limitan la aplicación del agua a cultivos sensibles

Los requerimientos nutricionales de los cultivos varían de acuerdo al nivel de producción y el ambiente. Los nutrientes más importantes que son necesarios en los cultivos son nitrógeno, fósforo, potasio, zinc, boro y sulfato. El agua tratada generalmente contiene suficientes

concentraciones de estos nutrientes para suplir una gran parte de las necesidades de los cultivos.

El nutriente más benéfico es el nitrógeno, una excesiva cantidad de nitrógeno estimula el crecimiento vegetal. Una excesiva cantidad de nitrato puede causar un desbalance en nitrógeno, potasio y magnesio en el pastoreo de los animales

La presencia de compuestos químicos tóxicos y de microorganismos patógenos en el agua residual cruda crea el riesgo potencial adverso para la salud de los individuos que estén en contacto con ella. La transmisión de las enfermedades puede ser por contacto directo con el agua, por inhalación o por ingestión de los contaminantes en cuestión¹⁶. Las medidas de control incluyen la eliminación o disminución en la concentración de estos constituyentes en el agua tratada, además de realizar prácticas adecuadas que limiten o prevengan el contacto directo o indirecto con el agua a reusar.

Para los responsables de implementar programas de reúso en cualquier sitio, es perfectamente válida la preocupación que existe por la presencia en las aguas residuales crudas de los contaminantes químicos o microbiológicos que repercuten negativamente en la salud y que por lo tanto impliquen un riesgo para el reúso de estas aguas.

Es también por todos conocido, que la tecnología existente tanto para el tratamiento de las fuentes de abastecimiento como para el tratamiento de las aguas residuales se ha desarrollado hasta tal punto que es posible que éstos constituyentes peligrosos se puedan reducir hasta tal grado o se eliminen para permitir el reúso del agua residual tratada como seguro, en términos del riesgo que para causar un efecto negativo, llámese enfermedad o infección (Probabilísticamente hablando como mínimo o muy bajo).

Los riesgos por el uso del agua residual se clasificarán como riesgos biológicos y riesgos químicos. Los principales agentes infecciosos que pueden estar presentes en el agua residual cruda se pueden clasificar en tres tipos principales de acuerdo con el agente infeccioso en: Bacterias; Parásitos (protozoarios y helmintos) y Virus. La tabla 5.9 muestra los principales agentes infecciosos presentes en aguas residuales crudas.

Tabla 5.9 Agentes infecciosos presentes en aguas residuales crudas

Agente Patógeno	Enfermedad que causa
Bacterias:	
<i>Shigellaspp.</i>	Shigelosis (Disentería bacilar)
<i>Salmonella typhi</i>	Fiebre tifoidea
<i>Salmonella (1700 serotipos)</i>	<i>Salmonelosis</i>
<i>Vibrio cholerae</i>	Cólera
<i>Escherichiacoli</i> (enteropatógena)	Gastroenteritis
<i>Yersiniaenterocolitica</i>	Yersiniosis
<i>Leptospiraspp.</i>	Leptospirosis
<i>Legionella</i>	Enfermedad de los legionarios
<i>Campylobacterjejuni</i>	Gastroenteritis
Parásitos:	
Protozoarios:	
<i>Entamoebahistolytica</i>	Amibiasis (disentería amibiana)
<i>Giardialamblia</i>	Giardiasis
<i>Balantidiumcoli</i>	Balantidiasis (disentería)
<i>Cryptosporidium</i>	Cryptosporidiasis, fiebre, diarrea
Helmintos:	
<i>Ascarislumbricoides</i> (gusanos redondos)	Ascariasis (lombriz intestinal)
<i>Ancylostomaspp.</i>	Larva cutánea inmigrante
<i>Ancylostomadudodenale</i>	Anquilostomiasis
<i>Necatoramericanus</i>	Necatoriasis
<i>Strongyloidesstercoralis</i>	Estrongiloidiasis
<i>Trichuristrichiura</i>	Tricuriasis
<i>Taeniaspp.</i>	Teniasis
<i>Enterobiusvermicularis</i>	Enterobiasis
<i>Echinococcusgranulosusspp.</i>	Hidatidosis (fiebre hidatídica)
Virus:	
<i>Enterovirus</i> (72 tipos) (Polio, eco, coxsackie, enterovirus)	Gastroenteritis, anomalías cardíacas, meningitis
<i>Hepatitis A</i>	Hepatitis infecciosa
<i>Adenovirus</i> (47 tipos)	Enfermedades respiratorias, oculares
<i>Rotavirus</i> (4 tipos)	Gastroenteritis
<i>Parvovirus</i> (3 tipos)	Gastroenteritis
<i>Agentes Norwalk</i>	Diarrea, vómito y fiebre
<i>Reovirus</i> (3 tipos)	No establecido claramente
<i>Astrovirus</i> (5 tipos)	Gastroenteritis
<i>Calicivirus</i> (2 tipos)	Gastroenteritis
<i>Coronavirus</i>	Gastroenteritis

Fuente: WEF, 1996

Los virus patógenos, bacterias, protozoarios y helmintos se escapan del cuerpo de personas infectadas en sus excretas y pueden pasar a otras por medio de la boca (es decir, cuando comen verduras contaminadas) o de la piel (como en el caso de los anquilostomas y esquistosomas). Las excretas y las aguas residuales contienen generalmente elevadas concentraciones de agentes patógenos excretados, sobre todo en los países donde predominan las enfermedades diarreicas y los parásitos intestinales.

Algunos métodos de riego pueden reducir la exposición de los cultivos a los agentes patógenos, mientras que otros no resultan adecuados. El riego por aspersión, por ejemplo, no es aconsejable para el riego de lechugas, debido a la capacidad del cultivo de mantener agua entre sus hojas y de esta manera, mejorar la supervivencia de los agentes patógenos. Otros cultivos necesitan métodos de riego específicos, por ejemplo, el pasto para forraje generalmente es regado por aspersión y es difícil hacerlo por goteo a menos que el suelo sea pesado. Algunos de los problemas generales de utilizar agua regenerada para el riego es la posibilidad de crecimiento de algas y macrofitas en canales abiertos, la formación de biopelículas en tuberías y el hecho de que vuelvan a crecer agentes patógenos en los sistemas de regeneración y reutilización.

Algunos de estos efectos pueden mitigarse utilizando sustancias químicas u otros medios que cambien la composición del agua regenerada. Las prácticas y dispositivos de riego (por ej., por goteo o tuberías porosas) que limitan el contacto con los humanos, partes vulnerables del medio ambiente o partes de plantas, tienen menos riesgos para la salud que otros (por ej., aspersión, pulverizadores) que reparten el agua regenerada de manera difusa.

Los usuarios de agua son más reacios a usar agua regenerada que el agua dulce, por muchas razones:

- Precio del agua regenerada con relación a los costos del agua dulce
- Incapacidad para financiar los costos de conversión en terreno
- Preocupaciones con respecto a la calidad del agua y los efectos en los cultivos y en la tierra
- Por desconocimiento los trabajadores no evitan exponerse al agua regenerada
- Posibilidad de objeciones de los trabajadores de los campos agrícolas
- Falta de suministro de agua regenerada fiable
- Bajos costos del suministro de agua con relación a los cuidados que se necesitan para la utilización del agua regenerada
- Responsabilidad ante reclamos de salud pública o de terceros
- Limitaciones en la selección de cultivos, su comerciabilidad e ingresos
- La creencia de existir problemas al vender los cultivos a distribuidores o consumidores

Fuente: Mills y Asano (1998).

Salud ocupacional de los trabajadores

Los métodos de control de la exposición a aguas residuales para los grupos de riesgo son los siguientes¹⁶.

- a) Trabajadores de campos agrícolas y manipuladores de cultivos:
 - a.1. Usar el tratamiento adecuado de aguas residuales, incluida la desinfección
 - a.2. Usar ropa protectora, como botas y guantes
 - a.3. Mantener altos niveles de higiene
 - a.4. Inmunización o control mediante quimioterapia de ciertas infecciones (si el agua regenerada no se desinfecta adecuadamente)
- b) Usuarios de cursos de agua o canales (pescadores, nadadores, etc.):
 - b.1. Tratamiento adecuado de las aguas residuales, incluida desinfección, antes de la descarga
- c) Restricciones al uso de los cursos de agua
- d) Información a los usuarios de los cursos de agua, signos de advertencia.
- e) Consumidores de productos agrícolas:
 - e.1. Realizar el tratamiento adecuado de las aguas residuales, lo que incluye la desinfección, según cultivo y nivel de exposición
 - e.2. Lavar y cocinar los productos agrícolas antes de su consumo
 - e.3. Altos estándares de higiene de los alimentos, los cuales se deben resaltar en la educación de la salud, apropiados para el tipo de tratamiento de aguas residuales y exposición del consumidor
 - e.4. Restricciones en los tipos de cultivos regados con aguas regeneradas
- f) Residentes locales:
 - f.1. Uso adecuado del tratamiento de aguas residuales de acuerdo con la posible exposición

- f.2. Informarles respecto del uso de aguas residuales y las precauciones para evitar ciertos campos o canales, signos de advertencia
- f.3. No usar rociadores a menos de 50 a 100 m de las casas o caminos, dependiendo del nivel de tratamiento de aguas residuales
- g) Todos los grupos:
 - g.1. Control de la fuente en el sistema de alcantarillado para evitar que sustancias químicas tóxicas entren en las aguas residuales.

Los agricultores podrían resistirse a que les impongan restricciones en el tipo de cultivo que pueden cultivar, como cultivos de alimentos que se comen sin cocinar. Los riesgos a la salud provenientes del uso de aguas residuales en la agricultura han sido analizados en dos áreas de investigación: Análisis Cuantitativo del Riesgo Microbiano (ACRM) aplicado al riego y a la epidemiología¹⁷.

La tercera edición de las directrices de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) para el uso seguro de aguas residuales, excrementos y aguas grises, publicada en 2006, es una actualización más detallada de las dos ediciones anteriores, ampliada para incluir nuevas pruebas científicas y métodos actuales para la gestión del riesgo (Asano et al., 2007; OMS, 2006). Si bien es técnicamente viable obtener cualquier calidad requerida de efluente de agua a partir de un tipo de agua residual en especial, el costo del tratamiento podría ser tan alto como para no hacer viable la regeneración. En este caso, la práctica recomendada es usar la Mejor Tecnología Disponible (MTD), que implica usar la mejor tecnología adaptada para cada caso específico, considerando todos los problemas relacionados con el tratamiento según la calidad final y la regeneración.

Algunos de los factores a considerar al seleccionar el método de riego, desde el punto de vista del efecto sobre los trabajadores y los consumidores, Tablas 5.10, 5.11 y 5.12

Tabla 5.10 Factores que influyen en la selección del método de riego y medidas especiales necesarias para las aplicaciones de agua regenerada

Método de riego	Factores que influyen en la selección	Medidas especiales para el riego con agua regenerada
-----------------	---------------------------------------	--

Riego por inundación	El menor costo No se requiere una nivelación exacta Baja eficiencia del uso del agua Bajo nivel de protección sanitaria	Rigurosa protección de los trabajadores en el campo manipuladores de cultivos y consumidores (equipos de protección)
Riego por surcos	Bajo costo Se puede necesitar nivelación Baja eficiencia del uso del agua Nivel medio de protección sanitaria	Protección de los trabajadores en el campo, posiblemente de los manipuladores de cultivos y consumidores (equipos de protección)
Riego por aspersión	Costo medio a alto Eficiencia media del uso del agua No se requiere nivelación Bajo nivel de protección sanitaria (debido a los pulverizadores)	Distancia mínima de 50-100 m desde casas y caminos. Restricciones de la calidad del agua (eliminación de agentes patógenos) No se deben utilizar desechos anaeróbicos, debido a los malos olores Uso de miniaspersores
Riego subterráneo y por goteo	Alto costo Alta eficiencia del uso de agua Mayores rendimientos Mayor nivel de protección sanitaria	No se requieren medidas de protección Restricciones de la calidad del agua (filtración) para evitar que los dispositivos se obstruyan

Fuente: Lazarova y Bahri (2005, 2008).

Tabla 5.11 Clasificación de las prácticas de cultivo como función del riesgo sanitario para los trabajadores agrícolas

Bajo riesgo de infección	Alto riesgo de infección
Prácticas agrícolas mecanizadas	Áreas con una alta cantidad de polvo
Prácticas de cosecha mecanizadas	Cultivo a mano
Cultivos se secan antes de la cosecha	Cosecha a mano de cultivos alimentarios
Largos periodos secos entre riegos	Movimiento de los equipos de aspersión Contacto directo con las aguas de regadío

Fuente: Lazarova y Bahri (2005).

Tabla 5.12 Niveles de riesgo asociados con los diferentes tipos de cultivos que se riegan con agua regenerada

Menor riesgo para el consumidor, pero aún es necesaria la protección para los trabajadores en el campo	Riesgo medio para el consumidor y el manipulador de alimentos	Mayor riesgo para el consumidor, trabajador en el campo y manipulador de alimentos
<i>Riego agrícola</i> Cultivos industriales no aptos para el consumo humano (algodón, sisal). Los cultivos normalmente pasan por un proceso de calor o son secados antes del consumo humano (granos, remolachas). Hortalizas y frutas que se cultivan exclusivamente para ser enlatadas u otro procesamiento que destruye efectivamente los agentes patógenos. Cultivos para forraje y otros cultivos que son secados al sol y	Pasto, forrajes verdes. Cultivos para consumo humano que no entran en contacto directo con aguas residuales, con la condición de que no se recolecten del suelo y que no se use riego por aspersión (árboles, vides) Cultivos para el consumo humano que normalmente se comen cocidos (papas, berenjenas) Cultivos para el consumo humano, cuya cáscara no se consume (melón, plátano, cítricos, nueces, maní) Cualquier cultivo no identificado de alto riesgo si se utiliza riego por aspersión	Cualquier cultivo que se come crudo y que crece en estrecho contacto con el efluente de aguas residuales (hortalizas frescas como lechugas o zanahorias, frutas regadas por aspersión) Riego por aspersión sin considerar el tipo de cultivo a 100 m de las áreas residenciales o lugares de acceso público.

se cultivan antes de ser consumidos por los animales		
<i>Riego de jardines</i> Riego de jardines en áreas delimitadas con rejas sin acceso público (invernaderos, bosques, áreas verdes)	Campos de golf con programas de riego automatizado	Campos de golf con riego manual Riego de jardines con acceso público (parques, patios de escuela, céspedes)

Fuente: Lazarova y Bahri (2005).

Criterios de Salud Pública para los consumidores

Utilizar agua regenerada como una fuente de agua aumenta las preocupaciones con respecto a la salud pública, disponibilidad del agua y costos. Los agricultores tienen inquietudes en relación con sus derechos de agua, la disponibilidad y calidad del agua regenerada, sus efectos sobre los suelos y cultivos y su impacto en las operaciones e ingresos de las fincas.

La reutilización del agua a menudo traspasa los límites jurisdiccionales de varios organismos responsables de la reglamentación, operación y financiación. De este modo, la participación del público y de las partes interesadas debe ser parte de la planificación y de la toma de decisiones (Asano et al., 2007; Wegner-Gwidt, 1998).

La reutilización del agua puede ser un medio de mejorar la Salud Pública, con el riesgo de contar con aguas residuales municipales o domésticas tratadas incorrectamente o eliminadas de manera inadecuada. La reutilización puede impulsar un mejoramiento del tratamiento de aguas residuales, lo cual beneficiaría la salud de los trabajadores agrícolas y de los consumidores de productos agrícolas que actualmente se cultivan con aguas residuales no tratadas o tratadas parcialmente.

Las principales fuentes de agentes patógenos en las aguas residuales son los hogares, los hospitales y los edificios de oficinas. Los usos comerciales e industriales del agua potable pueden agregar sustancias químicas perjudiciales a las aguas residuales. El nivel de eliminación de agentes patógenos y sustancias químicas mediante el tratamiento de las aguas residuales depende de los niveles de tratamiento y tecnologías utilizadas.

El riesgo a la salud depende de la infectividad de los agentes patógenos, sus concentraciones en el agua regenerada y el grado de contacto con los seres humanos. Se pueden lograr niveles aceptables de riesgo a través de niveles de tratamiento adecuados de las aguas residuales

según el tipo de uso y el contacto humano asociado, como asimismo practicar estrategias de gestión de riesgos de barreras múltiples presentes en las Buenas Prácticas Agrícolas

En la Tabla 5.13 aparecen ejemplos de los componentes de las aguas residuales que podrían afectar la salud pública. La transmisión de enfermedades se puede evitar o reducir mediante el tratamiento adecuado de las aguas residuales, el correcto manejo del agua regenerada y las prácticas agrícolas. En la Tabla 5.14 aparecen las poblaciones expuestas al riesgo y sus medios de exposición a agentes patógenos o sustancias químicas en el agua regenerada.

Además de su exposición directa al agua regenerada, las personas también corren el riesgo de recibir agentes patógenos y sustancias químicas a través de la cadena alimenticia en los cultivos o en las aguas subterráneas o cursos de agua mediante la percolación o la escorrentía agrícola.

Tabla 5.13 Agentes patógenos o sustancias químicas transmitidas por el agua que afectan la salud, presentes en las aguas residuales

Categoría de contaminantes	Ejemplos específicos	Consecuencias
Agentes patógenos relacionados con excrementos	Bacterias Helmintos Protozoos Virus	Enfermedades humanas (infección directa o indirecta)
Agentes irritantes de la piel	No determinado, pero probablemente mezclas de sustancias químicas y agentes microbianos	Dermatitis por contacto
Agentes patógenos transmitidos por vectores	Plasmodium spp. Wuchereriabancrofti	Enfermedades humanas
Sustancias químicas	Metales pesados Compuestos orgánicos Compuestos inorgánicos	Enfermedad humana aguda o crónica (contacto directo o indirecto a través de los alimentos)

Fuente: Adaptado de la Organización Mundial de la Salud, 2006.

Tabla 5.14 Resumen de los riesgos para la salud asociados con el uso de aguas residuales para el riego

Grupo expuesto	Riesgos para la salud		
	Infecciones por helmintos	Infecciones por bacterias/virus	Infecciones por protozoos
Consumidores	Importante riesgo de infección por helmintos en adultos y niños por aguas residuales no tratadas	Brotos de cólera, tifus y shigelosis reportados por el uso de aguas residuales no tratadas; respuestas de seropositivo para Helicobacter pylori (no tratado; aumento de la diarrea no específica cuando la calidad del agua excede 104 coliformes termotolerantes / 100 ml)	Evidencia de protozoos parásitos encontrados en superficies de hortalizas regadas con aguas residuales, pero sin evidencia directa de transmisión de la enfermedad

Trabajadores agrícolas y sus familias	Importante riesgo de infección por helmintos en adultos y niños por aguas residuales no tratadas; mayor riesgo de infección por anquilostoma en trabajadores que no usan zapatos; el riesgo de infección por helmintos persiste, sobre todo en niños, aun cuando el agua residual se trate a < 1 huevo de helminto por litro; el riesgo en los adultos no ha aumentado con esta concentración de helmintos	Mayor riesgo de enfermedad diarreica en niños pequeños que tienen contacto con aguas residuales si la calidad del agua excede 104 coliformestermotolerantes / 100 ml; mayor riesgo de infección por salmonella en niños expuestos a aguas residuales no tratadas; mayor cero-respuesta a norovirus en adultos expuestos a aguas residuales parcialmente tratadas	Se reportó un riesgo de infección mínimo por Giardaintestinalis por el contacto con aguas residuales no tratadas y tratadas; sin embargo, en otro estudio realizado en Pakistán se estimó que el riesgo de infección por Giardia aumentó tres veces en aquellos agricultores que utilizan aguas residuales sin tratar, en comparación con el riego con agua dulce; se observa mayor riesgo de amebiasis cuando existe contacto con aguas residuales no tratadas
Comunidades cercanas	Transmisión de infecciones por helmintos no estudiadas en el caso del riego por aspersión, aunque lo anterior se aplica para el riego por inundación o por surcos, donde existe un alto contacto	Riego por aspersión con calidad de agua deficiente (106 – 108 coliformes totales / 100 ml) y alta exposición a pulverización asociada a mayores tasas de infección; el uso de aguas parcialmente tratadas (104 – 105 coliformestermotolerantes / 100 ml o menos) en riego por aspersión no se asocia a mayores tasas de infecciones por virus	No hay datos con respecto a la transmisión de infecciones por protozoos durante el riego por aspersión con aguas residuales

Fuente: Directrices OMS/FAO (2006).

Se presentan datos referenciales acerca del grado de contaminación del agua existente en el Río La Paz y sus grados de compromiso en los productos cultivados río abajo al año 2012.

Los centros de salud de Mecapaca, Palomar y Huaricana cuentan con información estadística de los canales endémicos respecto de las enfermedades diarreicas agudas, diarreas en menores de 5 años en la zona de alarma y epidemia (años 2010 y 2011). Realizan controles de una eventual aparición de cólera⁵.

En el control de la salud, sólo se cuenta con reportes de acciones a requerimiento de la población, es decir cuando una persona está enferma y acude a un centro de salud. No realizan el control y monitoreo de la salud de los agricultores, que están expuestos a las aguas contaminadas del río La Paz.

Por su parte, no se conoce que el Gobierno Municipal de Mecapaca realizara acciones de promoción de la salud dirigidas a los agricultores y consumidores de su producción agrícola.

La evaluación fisicoquímica – bacteriológica fue realizada empleando el Índice de Calidad del Agua (ICA), que sirvió para interpretar y reducir la información de los parámetros analizados (demanda química de oxígeno, colifecales termotolerantes, nitrógeno amoniacal, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, detergentes, turbiedad, pH, hierro total, cromo VI y cadmio) a una expresión única. El valor obtenido del ICA se expresa en una escala general de calidad de 0 al 100, asignando a cada escala un rango y un color como se muestra a continuación en la Tabla 5.15.

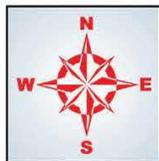
Tabla 5.15 Escala de clasificación del ICA

RANGO	CALIDAD DEL AGUA	ESCALA DE COLOR
91-100	EXCELENTE	AZUL
71-90	BUENA	VERDE
51-70	MEDIA	AMARILLO
26-50	MALA	NARANJA
0-25	MUY MALA	ROJO

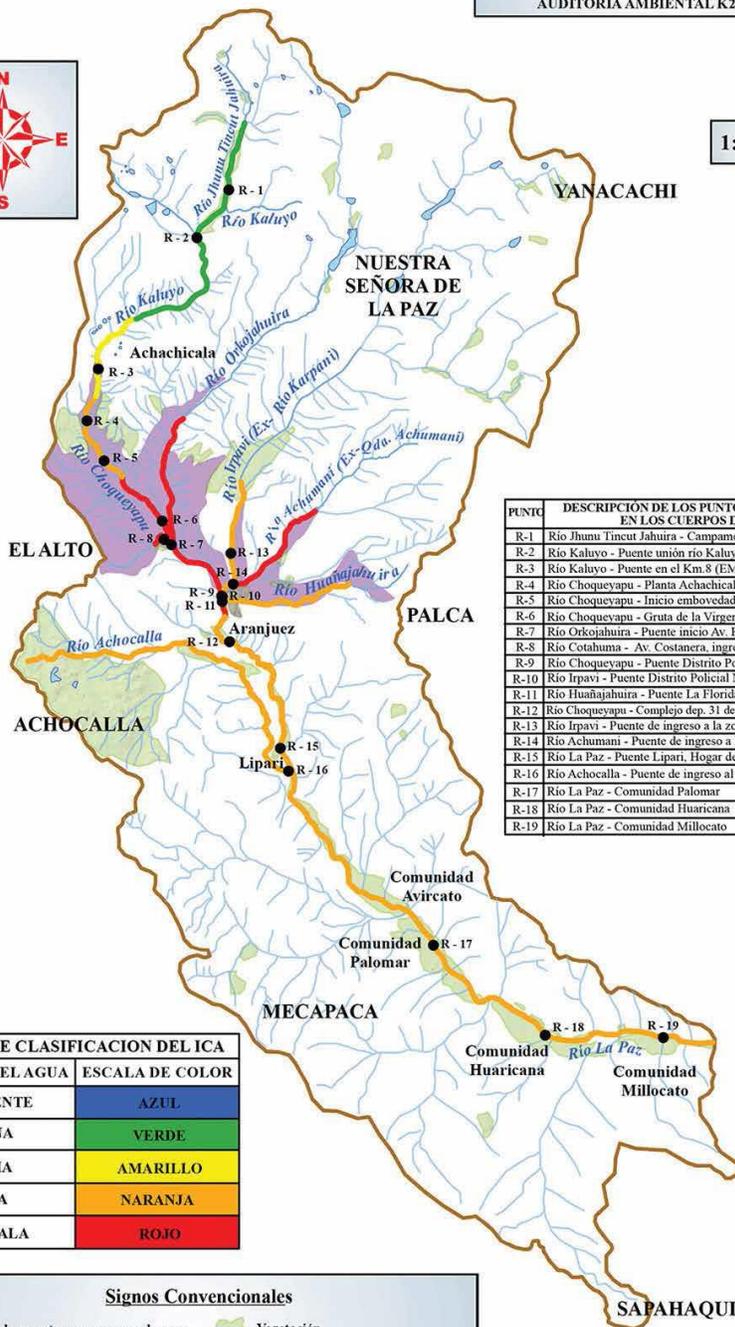
Fuente: Contraloría Gral. Del Estado (2012).

Las aguas del río La Paz deberían tener un índice de calidad mínimo de 51, es decir aguas de calidad media (color amarillo), para ser usadas en riego de cultivos agrícolas. Ese valor equivale a cuerpos de agua de clase B de acuerdo con el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica vigente.

Mapa de calidad de los cuerpos de agua:



1:240,000



PUNTO	DESCRIPCIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO EN LOS CUERPOS DE AGUA
R-1	Río Jhuna Tincuti Jalhuira - Campamento minero abandonado
R-2	Río Kaluyo - Puente unión río Kaluyo y quebrada s/n
R-3	Río Kaluyo - Puente en el Km.8 (EMAVIAS)
R-4	Río Choquevapu - Planicie Achachicala (EPSAS)
R-5	Río Choquevapu - Inicio embovedado
R-6	Río Choquevapu - Gruta de la Virgen en la Av. del Poesía
R-7	Río Orkojalhuira - Puente inicio Av. Hernando Siles - Obrajes
R-8	Río Cotahuma - Av. Costanera, ingreso Cementerio Jardín
R-9	Río Choquevapu - Puente Distrito Policial N°4
R-10	Río Irapavi - Puente Distrito Policial N°4
R-11	Río Huahajahuira - Puente La Florida
R-12	Río Choquevapu - Complejo dep. 31 de Octubre, zona Aranjuez
R-13	Río Irapavi - Puente de ingreso a la zona de Bologna
R-14	Río Achumani - Puente de ingreso a Megacentar
R-15	Río La Paz - Puente Lipari, Hogar de Jóvenes Juan XXIII
R-16	Río Achocalla - Puente de ingreso al Valle de Ananta
R-17	Río La Paz - Comunidad Palomar
R-18	Río La Paz - Comunidad Huaricana
R-19	Río La Paz - Comunidad Millocato

ESCALA DE CLASIFICACION DEL ICA	
CALIDAD DEL AGUA	ESCALA DE COLOR
EXCELENTE	AZUL
BUENA	VERDE
MEDIA	AMARILLO
MALA	NARANJA
MUY MALA	ROJO

Signos Convencionales	
● Punto de muestreo en cuerpos de agua	🌿 Vegetación
~ Ríos y quebradas	🗺️ Límite de la cuenca de estudio
🌊 Lagunas	🏠 Mancha urbana de La Paz

En Mecapaca, para la evaluación de las aguas se consideró el valor mínimo que debían tener para el uso que se les da, es decir el riego. A la altura del puente Lipari, las aguas son de calidad mala y no son de clase B. Las aguas no consiguieron auto depurarse hasta ese lugar. En la comunidad de El Palomar, 13 km más abajo, las aguas vienen contaminadas por el aporte del río Achocalla, de calidad mala, por lo que las aguas no mejoran y continúan sin ser de clase B y con una calidad mala, las cuales llegan en similares condiciones a Avircato. En las comunidades de Huaricana y Millocato, no existen descargas de aguas residuales al río La Paz, por lo que logra depurarse algunos parámetros; sin embargo, todavía no cumple con la calidad que debe tener para ser empleada en riego. Por otra parte, las aguas presentan valores altos de conductividad, lo que puede suponer problemas de salinidad en los suelos regados con las aguas del río La Paz⁵.

Con relación a los elementos potencialmente tóxicos estos tienen como origen las descargas de aguas residuales y la actividad minera sin tratamiento. La presencia de esos elementos se advierte en el final de la cadena, es decir en la zona donde se usan las aguas para riego.

En la evaluación se emplearon umbrales de contaminación en suelos y productos agrícolas de referencia, al no existir normativa nacional aplicable.

Los suelos evaluados eran significativamente permeables con poca retención de nutrientes y consecuentemente de otros elementos como los potencialmente tóxicos. Los resultados de laboratorio, mostraron que el arsénico y el cinc superaron los límites máximos permitidos tomando como referencia el pH del suelo. Los resultados muestran la necesidad de una investigación en los suelos y en los agentes contaminantes (aguas de riego y uso de plaguicidas y fertilizantes).

Los productos agrícolas presentaron concentraciones altas en tres elementos: arsénico, cromo y cobre. Los elementos potencialmente tóxicos encontrados en los suelos y productos agrícolas (arsénico, cinc, cromo y cobre), estaban presentes en los sedimentos del río La Paz, indicando que se originan en las actividades mineras del inicio de la cuenca (arsénico y cinc), en descargas industriales a lo largo de su recorrido (arsénico) y plaguicidas y fertilizantes (cromo, cinc y cobre).

Los elementos encontrados significan riesgos a la salud toda vez que el daño y grado de toxicidad depende del elemento siendo unos más tóxicos que otros, dependiendo de la dosis ingerida, tiempo de exposición al contaminante y la salud o condición física de la persona.

Las aguas de la cuenca del río La Paz son receptoras de grandes volúmenes de aguas residuales crudas, tanto de origen industrial como doméstico, generados por una población de alrededor de un millón de habitantes. Por ello, en su composición es de esperar gérmenes (bacterias, virus, protozoos, helmintos, hongos y levaduras), siendo los más comunes los que son evacuados conjuntamente las heces y el esputo.

La transmisión de patógenos a través de productos agrícolas depende de las características del suelo, tipo de cosecha (tubérculo, hortalizas de hojas, plantas de tallo alto, arbustos, etc.), tiempo de desarrollo vegetativo, momento de aplicación de fertilizantes, calidad del agua de riego y viabilidad de las formas infecciosas de bacterias y enteroparásitos (parásitos propios del intestino)

Las principales guías que regulan la calidad microbiológica de aguas residuales para riego son las directrices de la Organización Mundial de la Salud (OMS), ante la ausencia de normativa nacional específica para control parasitológico y microbiológico, se consideraron documentos de la OMS y de un país vecino.

Se analizaron los productos agrícolas (papa, maíz, repollo, lechuga, remolacha, tomate), producidos por las comunidades de Avircato, Palomar, Huaricana, Millocato.

La calidad bacteriológica de las aguas de riego mostró los siguientes resultados, Tabla 5.16:

Tabla 5.16 Calidad bacteriológica de aguas residuales para el riego

Comunidad donde setomó la muestra	Calidad bacteriológica	Calidad parasitológica
Avircato	Escherichiacoli superaba los límites permisibles. Se encontró salmonella.	Elevada presencia de huevos de Hymenolepis nana.
Huaricana (muestra1)	Elevada cantidad de Escherichiacoli, superando los límites.	Elevada presencia de quistes de Giardialamblia.
Huaricana (muestra2)	Se encontró salmonella.	No se encontraron parásitos.
Millocato (muestra 1)	Presencia de Escherichiacoli, sin superar límites.	Elevada presencia de quistes de Giardialamblia.
Millocato (muestra 2)	Presencia de Escherichiacoli, sin superar límites.	No se encontraron parásitos.

Fuente: Contraloría Gral. Del Estado (2012).

Respecto de los productos agrícolas, la calidad bacteriológica mostró los siguientes resultados (Tabla 5.17):

Tabla 5.17 Calidad bacteriológica de productos agrícolas

Producto y comunidad donde se tomó la muestra	Número de muestras con presencia de Escherichiacoli en los rangos:			Calificación sanitaria para Escherichiacoli	Calificación sanitaria para Salmonella
	Menos a 100	Entre 100 y 1000	Más de 1000		
Papa (Avircato)	5	-	-	Aceptable	Rechazable
Maíz (Palomar)	-	3	2	Rechazable	Rechazable
Repollo (Huaricana)	-	4	1	Rechazable	Rechazable
Lechuga (Huaricana)	-	-	5	Rechazable	Rechazable
Remolacha (Huaricana)	5	-	-	Aceptable	Aceptable
Maíz (Huaricana)	3	2	-	Medianamente aceptable	Aceptable
Remolacha (Millocato)	4	1	-	Medianamente aceptable	Aceptable
Tomate (Millocato)	-	1	4	Rechazable	Rechazable

Fuente: Contraloría Gral. Del Estado (2012).

Los siguientes resultados corresponden a las pruebas parasitológicas en los productos agrícolas, por forma de consumo (Tabla 5.18):

Tabla 5.18 Parasitología de productos agrícolas

Parásitos	% de muestras positivas		
	Cocido	Crudo	Mixto
Protozoarios:			
Entamoebacoli	66,5	60	65
Entamoebahistolitica	13,3	60	55
Giardialambliia	66,67	100	75
Helmintos:			
Ascarislumbricoides	ausencia	ausencia	30
Trichuristrichiura	ausencia	80	Ausencia
Strongyloidesstercoralis	ausencia	100	25
Uncinarias	ausencia	ausencia	45

Fuente: Contraloría Gral. Del Estado (2012).

La contaminación de la cuenca del río La Paz, refleja un ecosistema dañado conformado por cuerpos de agua contaminados y la manifestación de consecuencias reales y riesgos potenciales importantes para la salud pública por efecto de la persistente y creciente polución fisicoquímica, microbiológica y toxicológica que se está generando en los cuerpos de agua y

en componentes del ecosistema directamente relacionados a las prácticas de riego, creando contaminación de suelos y productos agrícolas, además de situaciones de salud complicadas para los agricultores.

El análisis del problema se lo realizó a través de responder las preguntas claves para determinar el mismo.

Que se hará? Efectos nocivos en los agricultores y la familia de agricultores que riegan sus sembradíos con aguas de reúso para riego

A quién beneficia? Agricultor y Familia

Cuando se realizará? 2017-2018

Donde se realizará? Comunidad.- Avircato; Municipio.- Mecapaca; Provincia.- Pedro Domingo Murillo; Departamento.- La Paz

ESQUEMA DE HANLON

Se aplicó el esquema de Hanlon aplicado a proyectos de riego, considerando las prioridades que se necesitan analizar:

Ítem.- Para el lugar de emplazamiento del proyecto

Accesibilidad.- Si es fácil el ingreso al proyecto

Aceptabilidad.- Existe predisposición de los agricultores (regantes) a realizar cambios

Salud ocupacional.- Altos costos para medidas de seguridad en la manipulación de aguas de reúso por el grado de contaminación elevado

Calidad de Agua.- Grado de contaminación del agua, aguas de reúso industriales y aguas de reúso domesticas

Puntuación de prioridad: $P=(A+B) C*D$

Tabla 5.19 Esquema de Hanlon

Ítem	Accesibilidad A	Aceptabilidad B	Salud ocupacional C	Calidad de agua D	Total P
Cercado-Cbba	***	*	*	***	12
Mecapaca-La Paz	***	***	***	****	72
El Alto-La Paz	**	**	*	**	8

Fuente: Elaboración propia

PROBLEMA:

Comunidades de río abajo del Departamento de La Paz utilizan para agricultura agua de reúso del Río La Paz, situación que no cambiara en el futuro inmediato, habiéndose identificado importantes efectos nocivos para la salud de los agricultores que manipulan agua de reúso para el riego de sus sembradíos, en la comunidad de Avircato en el Municipio de Mecapaca de la provincia Pedro Domingo Murillo del Departamento de La Paz, en el periodo 2017-2018

CAUSAS.- Factores de Riesgo

El agua disponible para riego proviene de los ríos contaminados que bajan de la Ciudad de La Paz

Uso del agua de reúso (aguas contaminadas de la Ciudad de La Paz) en el momento de realizar el riego

Consumo de los productos regados con agua de reúso por parte de las familias de regantes

Desconocimiento del nivel de contaminación del agua de reúso por parte de los regantes

EFFECTOS.-

Salud del Individuo

Alteraciones de salud del trabajador por el contacto con agua de reúso como dermatitis de contacto, parasitosis, enfermedades gastrointestinales, etc.

Alteraciones en la salud por consumo de productos contaminados.

Salud de la familia

Efectos nocivos en la salud en miembros de la familia por el consumo de productos contaminados

Efectos nocivos en la salud por la exposición de los miembros de la familia a la manipulación de agua contaminada

Salud de la Comunidad

Ausentismo escolar debido a afecciones en los niños expuestos a los factores contaminantes principalmente de tipo contagios

Disminución de la productividad de la familia, con ingresos limitados, lo que a su vez causará alteraciones en la comunidad

6. ANÁLISIS DE ACTORES

Todos los regantes y sus familias consumen los alimentos producidos por ellos mismos y están expuestos indirecta o directamente al contacto del agua de reúso contaminada.

6.1 Beneficiarios directos

Dentro del análisis de los actores en este proyecto los beneficiarios directos resultan siendo los agricultores y sus familias, llegando a ser una totalidad de 72 familias beneficiarias.

6.2 Beneficiarios Indirectos

Como beneficiarios indirectos tenemos a los consumidores de los productos procedentes de río abajo que abarca la población de la ciudad de La Paz

6.3 Afectados

Para el análisis de los afectados se tomó a todas las personas, organizaciones e instituciones de influencia, relacionados con el problema por ende con el proyecto, que podrán ser afectados positiva o negativamente según sus necesidades, respondiendo a la pregunta ¿Quién está directamente afectado por el problema?

- Agricultores y sus familias,
- Gobiernos Autónomos Municipales (GAM) de Mecapaca y GAM de La Paz,
- Centro de salud de Mecapaca dependiente del Servicio Departamental de Salud (SEDES) del Gobierno Autónomo Departamental (GAD) de La Paz
- Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria e Inocuidad Alimentaria (SENASAG) del Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras,

- Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico (VAPSB) y Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego del Ministerio de Medio Ambiente y Agua (VRHR).

Tabla 6.1 Matriz de Involucrados

Identificación de grupos	Intereses	Problemas	Recursos y Mandatos
Agricultores (regantes)	Identificar las condiciones económicas, sociales y culturales que influyen en su problema de salud.	Efectos nocivos en la salud por la manipulación de agua contaminada	En las políticas actuales se está dando prioridad a proyectos de riego con financiamientos externos
Familia de agricultores	Identificar las condiciones económicas, sociales y culturales que influyen en su problema de salud.	Limitado relacionamiento intrafamiliar por temor al contagio	En las políticas actuales se está dando prioridad a proyectos de riego con financiamientos externos
Consumidores de productos contaminados	Identificar la cantidad de productos que son consumidos fuera del ámbito de la comunidad	Se cuenta con efectos nocivos en la salud significativos por el consumo de productos contaminados	En las políticas actuales se está dando prioridad a proyectos de riego con financiamientos externos

Fuente: Elaboración propia

7. CONTEXTO O LUGAR DE INTERVENCIÓN

El área de intervención del Proyecto estará ubicada en el Departamento de La Paz, Provincia Pedro Domingo Murillo, en el Municipio de Mecapaca, en la comunidad de Avircato, según datos del Instituto Nacional de Estadística, del Censo 2012 el detalle de la población asciende a 1.214 personas.

8. ESTRUCTURA DE OBJETIVOS

8.1 OBJETIVO GENERAL

Implementar el riego tradicional optimizado para disminuir los efectos nocivos para la salud en los agricultores y sus familias que utilizan el agua de reúso en riego de sus sembradíos en la comunidad de Avircato del Municipio de Mecapaca- Provincia Pedro Domingo Murillo del Departamento de La Paz, 2017-2018

8.2 OBJETIVO ESPECIFICO

- Informar a los regantes acerca del grado de contaminación que tiene el agua de reúso que se utilizan en el riego de sus sembradíos y los afectos nocivos en la salud, obteniendo 80% de agricultores y sus familias con conocimiento de lo informado.

- Capacitar a los regantes acerca de los beneficios de la optimización del riego tradicional y de los cultivos adecuados que se utilizan en el riego de sus sembradíos, obteniendo 80% de agricultores y sus familias capacitadas.
- Contar con alimentos en límites permisibles de contaminación para el consumo de las familias, en un 50%

MEDIOS.- Factores de Protección

Minimizar la manipulación del agua de reúso en el momento del riego a partir de la implementación del riego tradicional optimizado

Determinar si el grado de contaminación de los alimentos producidos se encuentra en los límites permisibles

Determinar el tipo de cultivo adecuado al cual no afecte el grado de contaminación que tuviese el agua de reúso

Capacitar a los regantes acerca del grado de contaminación que tiene el agua de reúso que utilizan en el riego de sus sembradíos y sus efectos nocivos para la salud

FIN.- Impacto Personal

Regantes protegidos en el momento de la manipulación del agua de reúso de riego, disminuyendo los efectos nocivos para la salud

Contar con alimentos regados con aguas de reúso que disminuyan los efectos nocivos en la salud

Impacto Familiar

Contar con el tipo de cultivo no contaminados con el agua de reúso

Familias de los regantes con conocimiento de los cuidados que se deben tener en la manipulación de agua con cierto grado de contaminación

Conociendo que los medios ya mencionados nos llevan a un fin común: Fortalecimiento de la estructura familiar funcional y mantención de la fuerza productiva.

9. RESULTADOS

Regantes con conocimiento acerca del grado de contaminación que tiene el agua de reúso que se utilizan en el riego de sus sembradíos y los afectos nocivos en la salud.

Regantes con conocimiento acerca de los beneficios de la optimización del riego tradicional y de los cultivos adecuados que se utilizan en el riego de sus sembradíos.

El grado de contaminación de alimentos en límites permisibles que consumen las familias de los regantes está controlado

10. ACTIVIDADES

Determinar el grado de contaminación actual del agua.

Capacitara los regantes acerca del grado de contaminación del agua de reúso.

Capacitara los regantes acerca de los efectos nocivos para la salud que trae la exposición del agua de reúso.

Determinar el grado de compromiso de la salud de los regantes expuestos al riego con aguas de reúso.

Capacitar acerca de la importancia del uso de ropa de protección cuando se procede al riego

Capacitar acerca del riego por surco con zanja elevada.

Capacitar acerca del cultivo de productos adecuados en las condiciones de riego con agua de reúso con las que se cuenta.

Elegir entre los tipos de cultivos a los cuales no afecta el grado de contaminación que tuviese el agua de reúso y sean convenientes para cada familia productora.

Construir zanjas elevadas para riego por surcos.

Construir pasillo de acceso a las parcelas y cultivos.

Determinar si persiste cierto grado de contaminación de los alimentos, a través de ensayos de laboratorios pertinentes.

11. INDICADORES POR LA ESTRUCTURA DE OBJETIVOS

Tabla 11.1 Operacionalización y Medición de Variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	DIMENSIONES	INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN	FUENTES DE INFORMACIÓN	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICIÓN
1.1 Disposición de agua para riego con una mayor cobertura de superficie regada	1.2 Presencia de agua en el momento del riego contando con una extensión geográfica mayor a ser regada	1.3 Cantidad de agua disponible para riego para superficies regadas con mayor cobertura	1.4 Porcentaje de familias agricultoras disponen de agua para riego habiendo logrado una mayor cobertura de superficie regada	1.5 Disponibilidad de agua para riego determinada a partir de procedimientos establecidos (aforos)	1.7 Formulario de aforo	1.8 Técnico responsable del aforo	1.9 Cualitativa ordinal	Cantidad de agua: Alta Media Baja
2.1 Implementación del Riego tradicional optimizado en la utilización de aguas de reúso	2.2 Construcción sistema de riego tradicional optimizado para la utilización de agua de reúso	2.3 Especificaciones técnicas establecidas para la construcción del riego tradicional optimizado	2.4 Porcentaje de familias regantes cuentan con riego tradicional optimizado en la utilización de aguas de reúso reducen los efectos nocivos para la salud	2.5 Implementación del riego tradicional optimizado a través de la aplicación de las especificaciones técnicas de construcción	2.7 Verificación de la existencia del riego tradicional optimizado a través planos As-Built (como se construyó) y fotos	2.8 Supervisor de obra	2.9 Cualitativa ordinal	Implementación: Buena, Regular Mala
3.1 Conocimiento de los regantes del grado de contaminación del agua de reúso y los efectos nocivos que causan a la salud	3.2 Conjunto de saberes sobre la contaminación del agua de reúso para riego y sus efectos nocivos en la salud	3.3 Criterios para determinar el nivel de conocimiento sobre el grado de contaminación del agua de reúso para riego y sus efectos nocivos en la salud	3.4 Porcentaje de familias regantes con conocimiento del grado de contaminación del agua de reúso para riego y los efectos nocivos en la salud al inicio del proyecto	3.5 Conocimiento sobre los riesgos ambientales y ocupacionales que afectan a la salud	3.7 Cuestionario sobre el nivel de conocimiento sobre el grado de contaminación del agua de reúso para riego y sus efectos nocivos en la salud	3.8 Delegado familiar encargado del riego	3.9 Cualitativa nominal	Suficiente Insuficiente
4.1 Conocimiento de los regantes acerca de los beneficios del riego tradicional optimizado y de los cultivos adecuados para riego con agua de reúso	4.2 Conjunto de saberes acerca de los beneficios del riego tradicional optimizado y de los cultivos adecuados para riego con agua de reúso	4.3 Criterios para determinar el nivel de conocimiento acerca de los beneficios del riego tradicional optimizado y de los cultivos adecuados para riego con agua de reúso	4.4 Porcentaje de familias regantes con conocimiento acerca de los beneficios del riego tradicional optimizado y de los cultivos adecuados para riego con agua de reúso al inicio del proyecto	4.5 Conocimiento sobre los beneficios que brinda el riego tradicional optimizado a nivel de salud ocupacional al momento de la manipulación del agua de reúso en función a la elección de los cultivos adecuados para riego con agua de reúso	4.7 Cuestionario sobre el nivel de conocimiento acerca de los beneficios del riego tradicional optimizado y de los cultivos adecuados para riego con agua de reúso	4.8 Delegado familiar encargado del riego	4.9 Cualitativa nominal	Suficiente Insuficiente
5.1 Alimentos con límites permisibles de contaminación para consumo	5.2 Alimentos que no contienen sustancias químicas nocivas y microorganismos que pueden causar enfermedad al consumidor	5.3 Criterios de análisis de alimentos que establezcan los límites permisibles de contaminación para su consumo	5.4 Porcentaje de los alimentos se encuentran en los límites permisibles de contaminación para consumo al finalizar el proyecto	5.5 Análisis de los Alimentos con límites permisibles de contaminación para consumo a consecuencia del riego con agua de reúso	5.7 Análisis de laboratorios	5.8 Resultados del análisis de los alimentos	5.9 Cualitativa nominal	Apto para el consumo No apto para el consumo

Fuente: Elaboración propia

12. FUENTES DE VERIFICACIÓN

- Sistema Nacional de Información de Riego "SNIR"
- Memorias fotográficas
- Análisis médicos
- Encuestas
- Informes de verificación
- Ensayos de laboratorios de los alimentos y el análisis de los resultados
- Reportes de análisis físico, químico y bacteriológico de agua
- Informes de supervisión de las obras realizadas
- Actas de asistencia
- Informes de verificación en campo

13. SUPUESTOS

- Los regantes consideran que sus ingresos pueden ser incrementados por la implementación del riego tradicional optimizado.
- Aceptación de los regantes para la modificación del tipo de riego y de cultivo con el que actualmente cuentan, en función a los compromisos escritos previos
- Contar con la participación de los regantes a las capacitaciones en cumplimiento a compromisos escritos previos
- Laboratorios con suficiente capacidad para analizar la microbiología de los alimentos por contar con los insumos necesarios
- Aceptación de los regantes, a disponer de un área de sus terrenos para la construcción de pasillos de acceso a las parcelas y cultivos

14. ANÁLISIS DE VIABILIDAD

Podemos decir que el proyecto es viable técnicamente ya que las inversiones son racionales en la asignación de recursos para los resultados económico – sociales que indican la factibilidad del proyecto, así como los beneficios a ser logrados en el ámbito de la salud y la producción.

El sistema de producción agrícola propuesto en el proyecto se ajusta a las condiciones agroecológicas del área, a la experiencia en el manejo tecnológico y de producción, a las necesidades alimentarias de la familia y a la demanda de los mercados de consumo, a las previsiones que se debe tomar para disminuir los efectos nocivos en la salud de los agricultores y sus familias.

Consideramos necesaria que la creación de una infraestructura de riego sea acompañada con actividades de asesoramiento técnico agrícola que considere fundamentalmente, los sistemas de riego, cultivos alternativos y la introducción de tecnologías apropiadas que disminuyan los efectos nocivos en la salud de los agricultores y sus familias.

Podemos decir también que el proyecto es viable, ya que se cuenta con recursos humanos tanto en la etapa de la elaboración del proyecto a Diseño Final, grupo multidisciplinario (conformado por ingenieros civil, agrónomo, químico, ambientalista) y dirigentes de la comunidad, los regantes y sus familias, como en la etapa de la ejecución del mismo²¹.

Existe viabilidad política ya que en el Ministerio de Medio Ambiente y Agua conjuntamente con la Cooperación Alemana al Desarrollo (GIZ) a través del PRograma de Apoyo al desarrollo aGROpecuario sostenible en Bolivia(PROAGRO), se está trabajando con los temas de riego y de reúso del agua.

Éste proyecto puede ser considerado como un proyecto piloto para ser replicado en otras comunidades del altiplano, por ser éste un proyecto innovador.

15. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

El Proyecto se constituye en factible por contar con programas en el Ministerio de Medio Ambiente y Agua que están dispuestos a financiar este tipo de proyectos, a través de los convenios de cooperación extranjera.

Existe factibilidad social ya que los regantes en su generalidad cuentan con la predisposición de aplicar las acciones que sean necesarias en bien de disminuir los riegos en su salud y de sus familias.

15.1 FACTIBILIDAD TÉCNICA

El proyecto es factible por contar con 72 familias beneficiarias las cuales tendrán 36 hectáreas de sembradíos con aguas de reúso de riego tradicional optimizado que disminuye los efectos nocivos en la salud.

Los suelos de la zona de riego al no presentar limitaciones para la implementación de los cultivos en la situación con proyecto, permitirán lograr los niveles de producción proyectados mejorando de esta manera los ingresos de las familias campesinas y las condiciones de seguridad alimentaria de los usuarios.

De la misma manera el proyecto no tendrá efectos negativos en el medio ambiente, debido a que se construirá con poco movimiento de tierras y la infraestructura propuesta no ocasionará cambios significativos en el sistema.

La tecnología de producción de los cultivos bajo riego es de plena accesibilidad para los usuarios, toda vez que se trata de incrementar las áreas de cultivos cuyas prácticas agrícolas son de dominio de las familias campesinas, de esta manera no habrá factores que dificulten la implementación de los cultivos propuestos.

El diseño técnico será respaldado no sólo por estudios técnicos, sino por la experiencia y conocimientos locales.

En consecuencia, se puede concluir que la infraestructura del sistema de riego propuesta es la más apropiada para este caso.

15.2 FACTIBILIDAD SOCIOECONÓMICA

Para la evaluación del presente proyecto, se asume que el mismo no será afectado por costos financieros, impuestos ni depreciaciones para ser evaluado financieramente, consecuentemente será analizado bajo criterios que permitan establecer los beneficios económicos a lograr con su implementación.

Los resultados del proyecto y los de la evaluación, son medidos en función de la inversión presupuestada de Bs. 1.103.400,00 para las obras y la capacitación que muestran el efecto exclusivo de 36 hectáreas incrementales.

Por los datos presentados se puede observar que existe la factibilidad económica financiera.

15.3 FACTIBILIDAD SOCIAL

El proyecto tendrá un efecto directo en las familias usuarias de la comunidad que son parte del sistema de riego de Avircato y lógicamente dentro de la organización comunal, dando lugar a una mayor actividad agrícola productiva al incorporar agua de riego con agua de reúso a terrenos de cultivo a secano e introducir cultivos adecuados para este tipo de riego, esta oportunidad tendrá una incidencia sustancial en el impacto en la zona, tanto económica como ambiental.

La orientación social del proyecto.

El proyecto está orientado a disminuir los efectos nocivos en la salud de los agricultores y de sus familias. En este sentido, tendrá un efecto directo en las familias beneficiarias, dando lugar a una mayor actividad agrícola productiva SEGURA al incorporar agua de reúso para riego contando con la manipulación adecuada, esta oportunidad tendrá una incidencia sustancial en el impacto en la zona tanto económica como ambiental.

La producción bajo riego de cultivos ADECUADOS para ser regados con aguas de reúso tendrá mayores repercusiones por el costo que adquiere el producto en el mercado.

Por otro lado, el proceso tomó en cuenta la permanencia de los valores socioculturales, de esta forma se mantienen las prácticas de cultivo tradicionales y las organizaciones creadas tienen las características propias de las organizaciones campesinas tradicionales.

15.4 FACTIBILIDAD AMBIENTAL

A partir de las capacitaciones se prestará asesoramiento principalmente acerca del grado de contaminación del agua de reúso, sus efectos nocivos para la salud de los regantes y sus familias al estar expuestos a la manipulación de aguas de reúso, sin los cuidados adecuados. Por otra parte, de forma transversal, se prestará asesoramiento en el manejo de agua de riego

para cultivos en ladera a fin de evitar erosión; el uso y manejo de plaguicidas y agroquímicos a fin de evitar el deterioro de las condiciones naturales de la tierra.

Las medidas adecuadas de aplicación de prácticas físicas y mecánicas de manejo de suelos y de plaguicidas permitirán mitigar las causas de erosión y de contaminación del medio ambiente y de la fauna existente.

Con la construcción de obras del sistema, si bien los factores ambientales, suelo y ecología, son los más afectados, éstos solo tendrán una duración temporal, mientras que los efectos positivos mencionados, serán permanentes.

Durante la fase de operación del sistema, con el fortalecimiento de la organización campesina para el riego y el incremento de agua de riego para las comunidades beneficiarias sumadas al mejoramiento de las prácticas agrícolas de manejo de agua de reúso y conservación de suelos, el proyecto tendrá efectos positivos en el ecosistema.

16. ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD DEL PROYECTO

El agua y la infraestructura de riego son de uso común. Por ello su administración requiere necesariamente de una organización de usuarios y de la existencia y cumplimiento de determinadas normas y acuerdos, sean estos explícitos o implícitos. Por tanto, en el transcurso de la ejecución del proyecto se efectúa de forma paralela la conformación del Comité de riego, en caso de que este no existiera, el cual es el encargado de organizar tanto el mantenimiento como la operación del sistema de riego implementado, con todos los regantes beneficiarios del riego. Es decir, la PARTICIPACIÓN DE LOS BENEFICIARIOS es de suma importancia, los cuales deberán plasmar en una CARTA DE COMPROMISO DE INVERSIÓN firmada, su voluntad e interés de participar en el proyecto, identificando en la misma lo que se espera y lo que se necesita de ellos. Asimismo, será necesario que éstos manifiesten su conocimiento del proyecto y los costos que tendrán que afrontar luego de la ejecución de este.

17. IMPACTO ESPERADO DEL PROYECTO

El proyecto contribuirá a dos de los Pilares Estratégicos del Plan de Desarrollo Económico y social en el Marco del Desarrollo Integral para Vivir Bien (PDES 2016-2020), cumpliendo

por un lado, con el objetivo de incrementar la disponibilidad de agua para riego, a través de la utilización de aguas de reúso mediante la construcción y mejoramiento de infraestructura de riego adaptadas para este fin, a través de la innovación tecnológica en riego, logrando una mayor cobertura de superficie regada y la disminución de los efectos nocivos en la salud de los agricultores y sus familias por utilizar aguas de reúso para riego de sus sembradíos. Pudiendo ser considerado como un proyecto piloto a ser replicado en otros ámbitos de nuestro país.

18. FUENTE DE FINANCIAMIENTO PARA EL PROYECTO

El Proyecto estará financiado en su totalidad, por la cooperación extranjera como parte de un paquete de proyectos de riego y/o de aguas de reúso, ya que el Proyecto se constituye en un eje social primordial que profundizará los conocimientos, creencias, actitudes y percepción de necesidades de los agricultores (regantes), frente a su seguridad en el trabajo y hábitos de consumo de alimentos saludables.

19. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Sanz ZG, Marka L, Cisneros R, Terán JA. Dimensiones socioeconómicas asociadas a las prácticas de reúso de aguas residuales con fines agroproductivos en el altiplano boliviano. La Paz : Ministerio de Medio Ambiente y Agua, Programa de Agua y saneamiento. 2013.
2. Wadnipar LM, Rangel JA, Gutiérrez HA, Tabares E. Reutilización de las Aguas Recuperadas. Manizales : Universidad de Manizales; 2010.
3. Hernández SCO, Maida VCO. Estudio sobre la reutilización de las aguas residuales para uso en beneficios de alternativas productivas. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Santa Cruz de la Sierra : Universidad Autónoma Gabriel René Moreno 2011.
4. Jiménez B, Asano T. Water Reusean International Survey of Current Practice, California : IWA. 2008.
5. Contraloría General del Estado Bolivia. Auditoría Ambiental. Contaminación Ambiental en la Cuenca del río La Paz. La Paz : Comunicación El País. 2012
6. Hernández Suárez CO, Estudio Reut Aguas Residuales. Santa Cruz de la Sierra : Universidad Autónoma Gabriel René Moreno. 2010.
7. Estado Plurinacional de Bolivia, Nueva Constitución Política Del Estado de Bolivia, La Paz : Gaceta Oficial de Bolivia. 2009
8. Estado Plurinacional de Bolivia. Decreto Supremo N° 29894, Estructura organizativa del Poder Ejecutivo del Estado Plurinacional. La Paz :
9. Ministerio de Planificación del Desarrollo. Plan de Desarrollo Económico y Social en el Marco del Desarrollo Integral Para Vivir Bien, La Paz, 2016 – 2020.
10. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación, Agua y Cultivos, Roma : FAO. 2002

11. Pereira LS, De Juan Valero JA, Picornell Buendía MR, Tarjuelo Martín-Benito JM. El Riego y Sus Tecnologías. Ciudad Real : Universidad de Castilla - La Mancha (UCLM). Centro Regional de Estudios del Agua (CREA). 2010.
12. Soderberg P, Carl-Axel. Reúso de aguas residuales tratadas: fuente no convencional de agua en América Latina y el Caribe. AIDIS “Temas de ingeniería sanitaria y ambiental. 2014
13. Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), Perspectiva del Medio Ambiente Mundial: América Latina y el Caribe, 2010.
14. The United Nations World Water Development Report (WWDR). Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo 2014. 2014
15. Blum, D, Feachem G. Health Aspects of Nighsoil and Sludge Use in Agriculture and Aquaculture. Part III: An Epidemiological Perspective (Informe No. 05/85). Dübendorf: Centro Internacional de Referencia sobre Evacuación de Desechos. 1995.
16. Winpenny J (Wychwood Economic Consulting Ltd., Reino Unido), Heinz I (Universidad Técnica de Dortmund, Alemania) Sasha Koo-Oshima (Ex División de Tierras y Aguas de la FAO), Reutilización del agua en la agricultura: ¿Beneficios para todos?
17. Mara DD, Sleigh P.A., Blumenthal U.J. y Carr R.M. Health risks in wastewater irrigation: comparing estimates from quantitative microbial risk analyses and epidemiological studies. J. Water Health. 2007.
18. Uria SP. Evaluación del Impacto Ambiental por el uso de las Aguas del Rio La Paz con fines de Riego. La Paz : Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Ingeniería, Ingeniería Civil. 1995.
19. Palma RG. Alternativa de Tratamiento Mediante Filtración Biológica de las Aguas del Rio La Paz para uso agrícola. La Paz : Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Ingeniería, Ingeniería Civil. 1996
20. Comisión Nacional del Agua. Manual para el manejo de Zonas de Riego con Aguas Residuales. D.F. México : Comisión Nacional del Agua. 2010
21. Convenio: IDRC – OPS/HEP/CEPIS, Guía Metodológica para la elaboración de los Estudios Viabilidad, 2000-2002
22. Lenntech BV Rotterdamseweg 402 M; 2629 HH Delft
<http://www.lenntech.es/tratamiento-de-aguas-residuales.htm#ixzz3hgfrC2W0>

20. ANEXOS

20.1 ANEXO I.- ÁRBOL DE PROBLEMAS

20.2 ANEXO II.- ÁRBOL DE OBJETIVOS

20.3 ANEXO III.- MATRIZ DE MARCO LÓGICO

20.4 ANEXO IV.- PRESUPUESTO

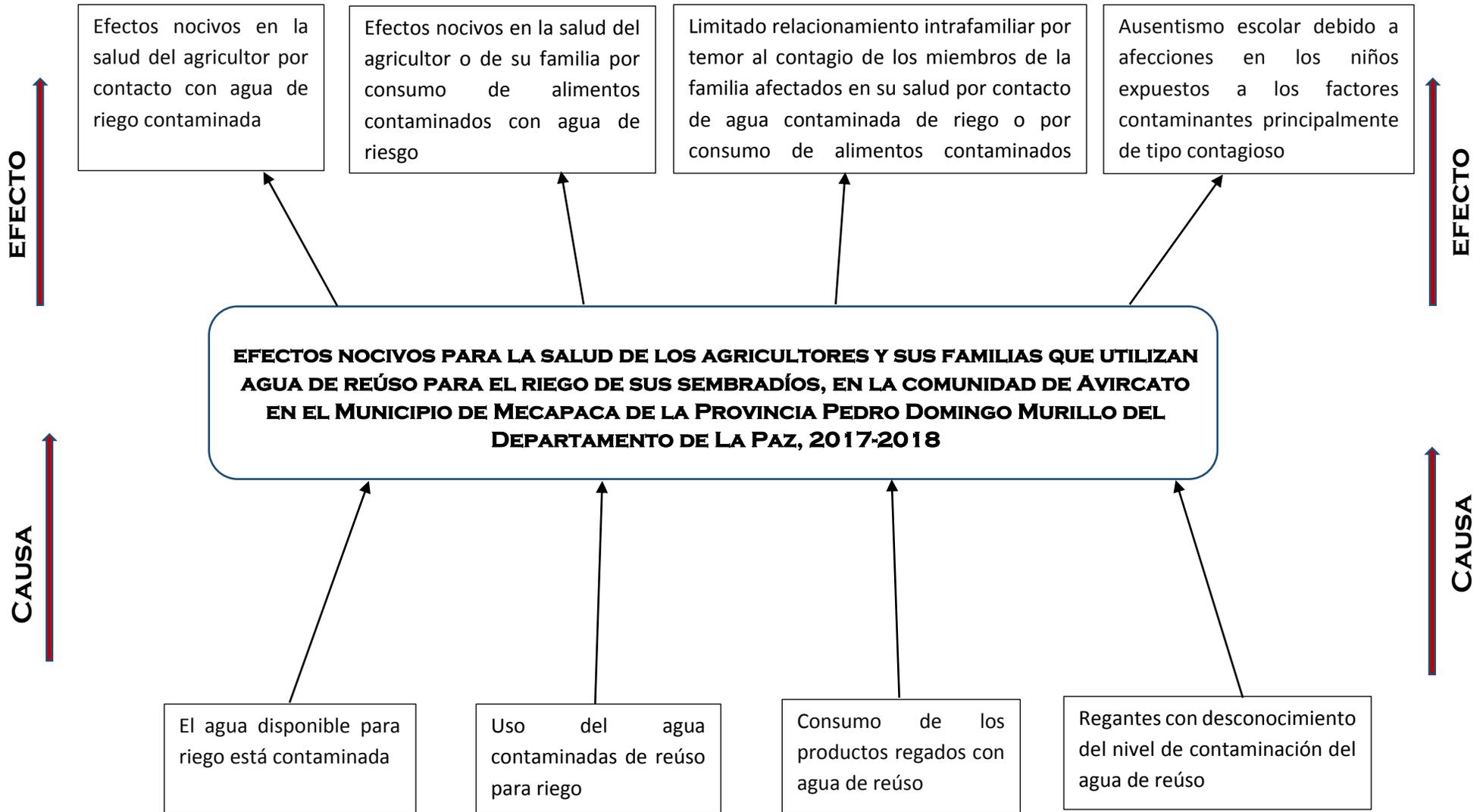
20.5 ANEXO V.- MAPA DE UBICACIÓN DEL PROYECTO

20.6 ANEXO VI.- CRONOGRAMA

20.7 ANEXO VII.- SISTEMA DE MONITOREO Y EVALUACIÓN DEL PROYECTO

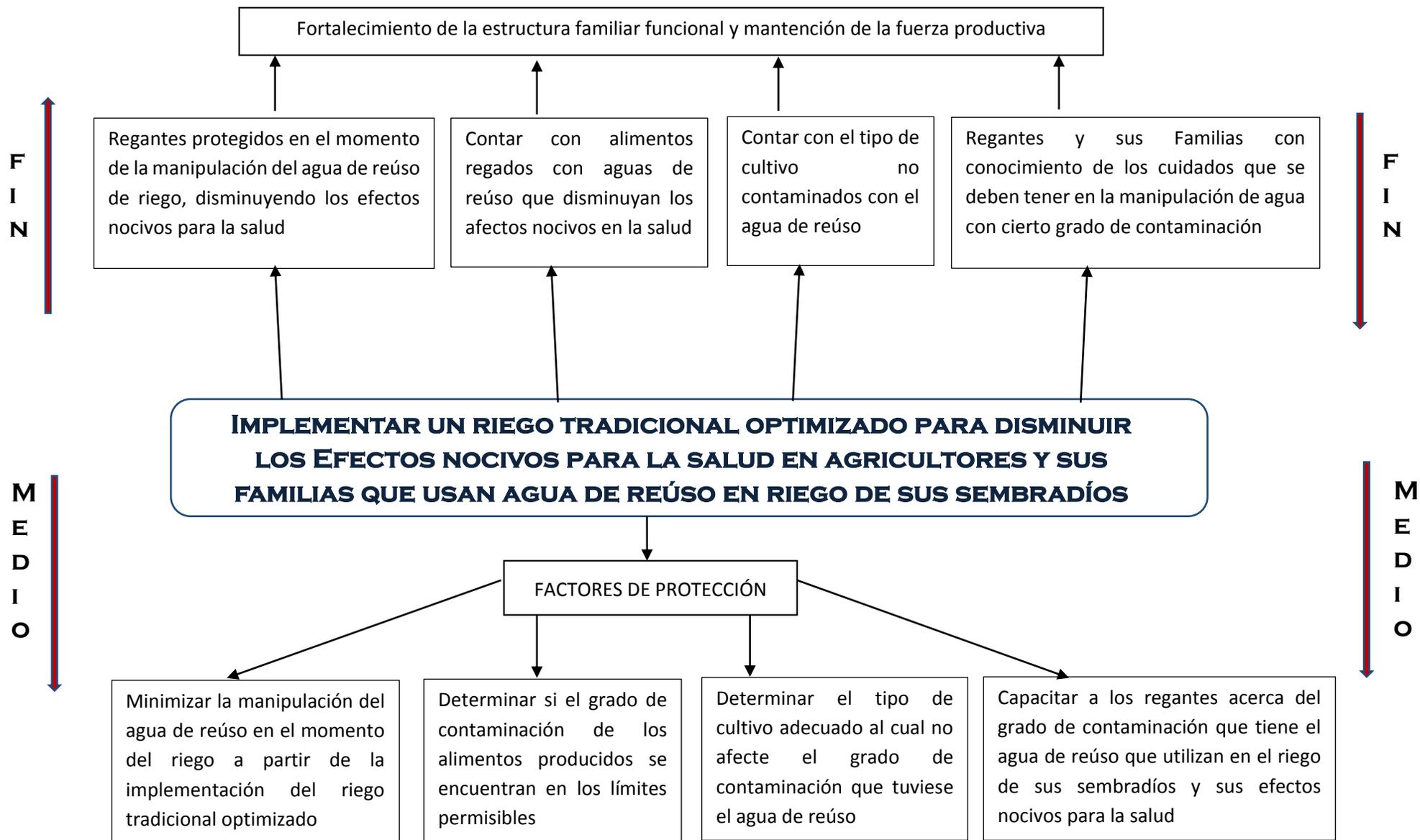
ANEXO I.-

ÁRBOL DE PROBLEMAS



ANEXO II.-

ÁRBOL DE OBJETIVOS



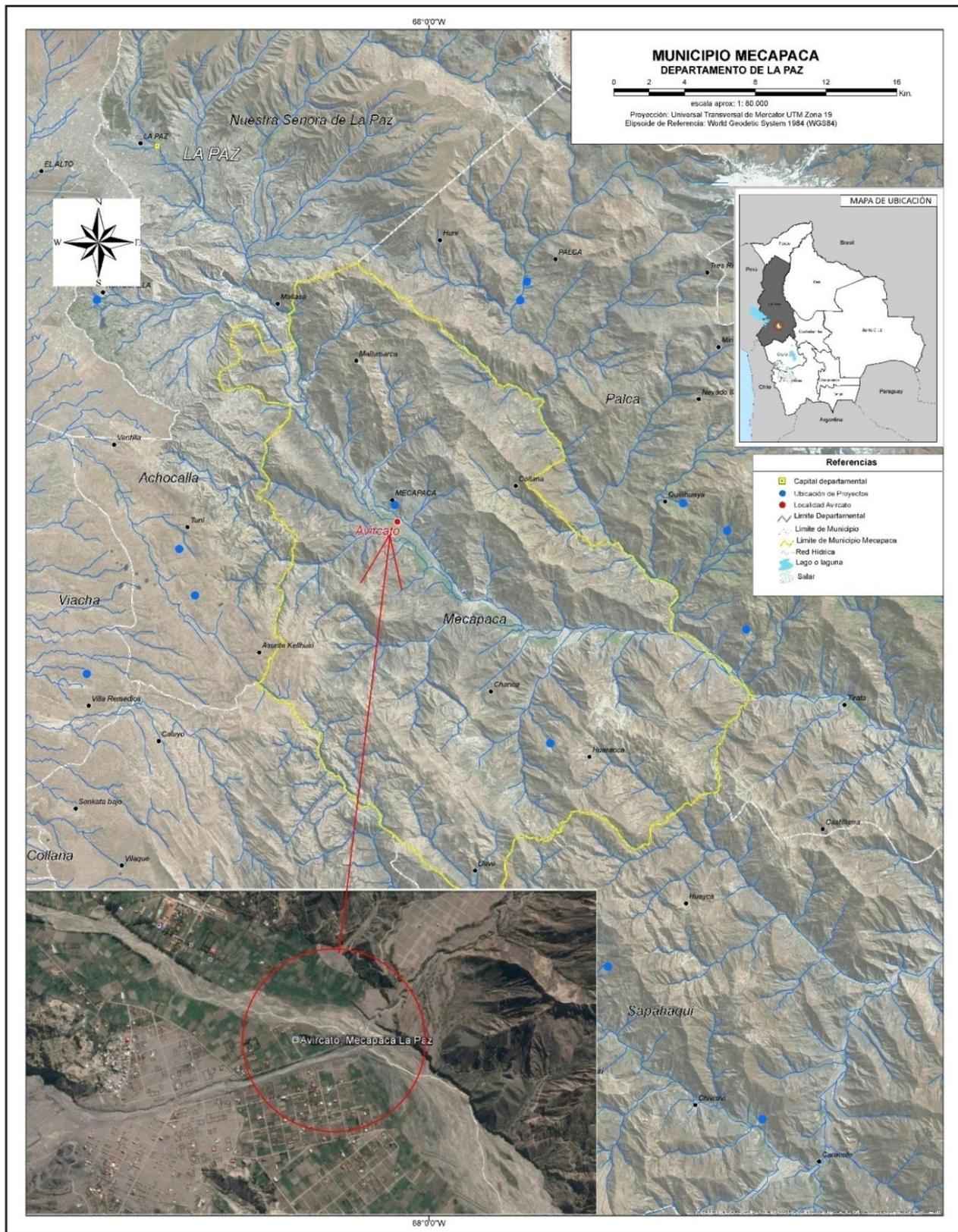
ANEXO III.- MATRIZ MARCO LÓGICO - RESUMEN NARRATIVO

	INDICADORES	MEDIOS VERIFICACIÓN	SUPUESTO
FIN Incrementar la disponibilidad de agua para riego, mediante la construcción y mejoramiento de infraestructura de riego, el uso y aprovechamiento más sostenible de fuentes de agua, suelo y recursos productivos a través de la innovación tecnológica en riego, logrando una mayor cobertura de superficie regada	90% de agricultores y sus familias disponen de agua para riego habiendo logrado una mayor cobertura de superficie regada al finalizar el proyecto	Sistema Nacional de Información de Riego "SNIR"	
PROPÓSITO Contar con la implementación de riego tradicional optimizado para disminuir los efectos nocivos para la salud de los agricultores y sus familias que usan agua de reúso en riego de sus sembradíos	-70 % de agricultores y sus familias que cuentan con riego tradicional optimizado en la utilización de aguas de reúso reduciendo en un 50 % los efectos nocivos para la salud	Memorias fotográficas Análisis médicos	Los regantes consideran que el incremento de sus ingresos es suficiente a la implementación del riego tradicional optimizado.
RESULTADOS R1. Regantes con conocimiento acerca del grado de contaminación que tiene el agua de reúso que se utilizan en el riego de sus sembradíos y los afectos nocivos en la salud R2. Regantes con conocimiento acerca de los beneficios de la optimización del riego tradicional y de los cultivos adecuados que se utilizan en el riego de sus sembradíos R3. El grado de contaminación de alimentos en límites permisibles que consumen las familias de los regantes está controlado	-80% de agricultores y sus familias con conocimiento del grado de contaminación del agua de reúso para riego y los afectos nocivos en la salud al finalizar el proyecto -80% de agricultores y sus familias con conocimiento de los beneficios del riego tradicional optimizado con cultivos adecuados para riego con agua de reúso al finalizar el proyecto -50% de los alimentos se encuentran en los límites permisibles de contaminación al finalizar el proyecto	Actas Encuestas Informes de verificación Ensayos de laboratorios de los alimentos y el análisis de los resultados	Aceptación de los regantes para la modificación del tipo de riego y de cultivo con el que actualmente cuentan, en función a los compromisos escritos previos
ACTIVIDADES A1.R1.Determinar el grado de contaminación del agua A2.R1.Capacitar a los regantes acerca del grado de contaminación de agua de reúso A3.R1.Capacitar a los regantes acerca de los afectos nocivos para la salud que trae la exposición del agua de reúso A4.R1.Determinar el grado de compromiso de la salud de los regantes expuestos al riego con aguas de reúso A5.R1.Capacitar acerca de la importancia del uso de ropa de protección cuando se procede al riego A1.R2.Capacitar acerca del riego por surco con zanja elevada A2.R2.Capacitar acerca del cultivo de productos adecuados en las condiciones de riego con agua de reúso con las que se cuenta A1.R3. Elegir entre los tipos de cultivos a los cuales no afecta el grado de contaminación que tuviese el agua de reúso y sean convenientes para cada familia productora. A2.R3.Construir zanjas elevadas para riego por surcos A3.R3.Construir pasillo de acceso a las parcelas y cultivos A4.R3.Determinar si persiste cierto grado de contaminación de los alimentos, a través de ensayos de laboratorios pertinentes	-90% de reporte de análisis de agua c/fines de riego al inicio del proyecto -80% de asistencia de agricultores y sus familias asisten a las capacitaciones acerca de la contaminación del agua -80% de una muestra del cultivo cosechado debe contar con análisis de laboratorio -80% de asistencia de las familias asisten al taller -50 % de las familias beneficiarias que conocen las ventajas de la adecuada elección en el tipo de cultivo -80% de familias de regantes con el 80% del área de cultivo con zanjas elevadas para riego mediante surcos construidas -80% de familias de regantes con el 80% del área de cultivo con pasillo de acceso a las parcelas y cultivos construidas	Reportes de análisis físico, químico y bacteriológico de agua Informes de supervisión de las obras realizadas Actas de asistencia Informes Resultados de los análisis de laboratorio Informes, actas de asistencia Informes de verificación en campo Informes de verificación en campo	Contar con la participación de los regantes a las capacitaciones en cumplimiento a compromisos escritos previos Laboratorios con suficiente capacidad para analizar la microbiología de los alimentos por contar con los insumos necesarios Aceptación de los regantes, a disponer de un área de sus terrenos para la construcción de pasillos de acceso

ANEXO IV.- PRESUPUESTO

N°	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRECIO UNITARIO (Bs.)	CANTIDAD	COSTO TOTAL (Bs.)
1	Determinar el grado de contaminación del agua al inicio del proyecto	glb.	1.600,00	1	1.600,00
2	Capacitar a los regantes acerca del grado de contaminación del agua de reúso	glb.	60.500,00	1	60.500,00
3	Capacitar a los regantes acerca de afectos nocivos para la salud que trae la exposición del agua de reúso	glb.	60.500,00	1	60.500,00
4	Determinar el grado de compromiso de la salud de los regantes expuestos al riego con aguas de reúso	pers.	750,00	360	270.000,00
5	Capacitar acerca de la importancia del uso de ropa de protección cuando se procede al riego	glb.	60.500,00	1	60.500,00
6	Capacitar acerca del riego por surco con zanja elevada	glb.	60.500,00	1	60.500,00
7	Capacitar acerca del cultivo de productos adecuados en las condiciones de riego con agua de reúso con las que se cuenta	glb.	60.500,00	1	60.500,00
8	Elegir entre los tipos de cultivos a los cuales no afecta el grado de contaminación que tuviese el agua de reúso y sean convenientes para cada familia productora.	glb.	60.500,00	1	60.500,00
9	Construir zanjas elevadas para riego por surcos	m.	0,10	3.600.000,00	360.000,00
10	Construir pasillo de acceso a las parcelas y cultivos	m.	5,00	21.600,00	108.000,00
11	Determinar si persiste cierto grado de contaminación de los alimentos, a través de ensayos de laboratorios pertinentes	glb.	800,00	1	800,00
TOTAL					1.103.400,00

ANEXO V.- MAPA DE UBICACIÓN DEL PROYECTO



ANEXO VI.- CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

FASE	ACTIVIDADES	MESES																		PRODUCTOS
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Preparación de datos iniciales	Determinar el grado de contaminación del agua al inicio del proyecto	X																		1. Resultados y análisis de laboratorios de la calidad del agua
	Capacitar a los regantes acerca del grado de contaminación del agua de reúso		X																	2. Cuestionarios que muestran el nivel de conocimiento acerca del tema
	Capacitar a los regantes acerca de efectos nocivos para la salud que trae la exposición del agua de reúso			X																3. Instrumentos sociales ajustados
	Determinar el grado de compromiso de la salud de los regantes expuestos al riego con aguas de reúso	X	X																	4. Análisis médicos con diagnóstico acerca de la salud de los regantes
Preparación de datos intermedios	Capacitar acerca de la importancia del uso de ropa de protección cuando se procede al riego			X	X	X														5. Cuestionarios que muestran el nivel de conocimiento y aceptación acerca de la importancia del uso de ropa de protección.
	Capacitar acerca del riego por surco con zanja elevada				X	X	X													6. Cuestionarios que muestran el nivel de conocimiento y aceptación acerca del cambio del Tipo de riego.
	Capacitar acerca del cultivo de productos adecuados en las condiciones de riego con agua de reúso con las que se cuenta							X	X	X										7. Cuestionarios que muestran el nivel de conocimiento y aceptación acerca del cambio del Tipo de cultivo
Análisis Resultados e Informe Final	Elegir entre los tipos de cultivos a los cuales no afecta el grado de contaminación que tuviese el agua de reúso y sean convenientes para cada familia productora.										X									9. Actas de los regantes en los cuales se tenga el detalle de los cultivos a utilizar.
	Construir zanjas elevadas para riego por surcos										X									10. Planos después de construido
	Construir pasillo de acceso a las parcelas y cultivos																			11. Planos después de construido
	Determinar si persiste cierto grado de contaminación de los alimentos, a través de ensayos de laboratorios pertinentes																		X	12. Resultados y análisis de laboratorios del grado de contaminación de los alimentos recién cosechados.

ANEXO VII.- SISTEMA DE MONITOREO Y EVALUACIÓN DEL PROYECTO

Sistema de Monitoreo del Proyecto

Para el monitoreo del proyecto ejecutados por una operadora – Entidad Ejecutora (EE), la Entidad Financiadora (EF) designará un técnico de seguimiento y evaluación y para el seguimiento financiero de los recursos económicos del proyecto designará un funcionario administrativo de seguimiento y monitoreo de proyectos.

- **Periodo de arranque**

Dentro del primer periodo la EE deberá contratar un supervisor para el seguimiento y evaluación físico – financiero de la ejecución del proyecto. Éste deberá remitir informes periódicos a requerimiento al técnico de seguimiento y evaluación de proyectos de la EF.

- **Periodo principal de implementación**

Durante este periodo el técnico de seguimiento y evaluación de proyecto designado por la EF debe elaborar reportes, de acuerdo a los informes elaborados por el supervisor de la entidad operadora EE y de acuerdo a las visitas de seguimiento que realice. Los viajes de seguimiento se deben realizar por lo menos una vez cada 6 meses; pero en caso de ser necesario las visitas pueden ser más frecuentes.

Los informes de seguimiento deben ser elaborados de acuerdo a formato y deben ser remitidos al inmediato superior de la EF.

En caso de que al técnico de seguimiento y evaluación del EF encuentre incongruencias en la ejecución de recursos económicos y/o faltas en la administración de los recursos debe informar al funcionario administrativo, este último podrá pedir por nota a la EE la documentación requerida para el seguimiento administrativo, en caso de ser necesario podrá realizar visitas de seguimiento a la EE.

- **Periodo de fin de proyecto**

Durante este periodo la operadora EE debe efectuar el cierre auditado de la ejecución del proyecto y debe presentar su respectivo informe a los 90 días calendario de concluido el proyecto. Es responsabilidad del técnico de seguimiento y el funcionario administrativo hacer seguimiento a estas acciones.

De igual manera, para el cierre del proyecto debe presentar el Informe Final técnico, financiero y legal de la ejecución del proyecto.

Es responsabilidad del técnico de seguimiento y del administrativo hacer seguimiento a estas acciones.

Criterios básicos de evaluación del Proyecto

Los criterios básicos de la evaluación son: eficiencia, eficacia, impacto, pertinencia y sostenibilidad potencial, incluyendo indicadores como:

- Todas las actividades planificadas son suficientes para conseguir los resultados proyectados.

- La consistencia de la concepción y planteamiento de componentes, productos o resultados del proyecto.
- La relación realista de causalidad entre los resultados del proyecto y el objetivo específico o propósito del mismo.
- La verosimilitud de que alcanzando el objetivo específico o propósito se contribuirá al logro del objetivo general o fin.
- La acción de desarrollo que se propone es consistente y responde a una problemática bien identificada.
- La factibilidad de obtener los productos o resultados proyectados está asegurada.

A continuación, se presentan algunos ejemplos para cada uno de los indicadores.

a) **PERTINENCIA**

La adecuación de los objetivos del proyecto a los problemas que se supone se van a resolver y al entorno físico y político en el que se realiza el proyecto, incluso una evaluación de la calidad de la preparación y del diseño del proyecto – o sea el carácter lógico y completo del proceso de planificación del proyecto, y la lógica y coherencia internas del diseño del proyecto.

b) **EFICACIA**

La medida en que se logran o se espera lograr los objetivos de intervención para el desarrollo, tomando en cuenta su importancia relativa.

La evaluación de los resultados del proyecto y de la manera en que las hipótesis han influido en los logros del proyecto.

c) **EFICIENCIA**

El hecho de que los resultados hayan sido realizados a un costo razonable: cómo los insumos y medios han sido convertidos en resultados, en términos de calidad, de cantidad y de tiempo. Suele requerir la comparación de enfoques alternativos para conseguir los mismos resultados y asegurarse de que el proceso más eficaz haya sido adoptado.

d) **IMPACTO**

Los efectos positivos y negativos, primarios y secundarios del proyecto en su entorno global, y su contribución a los grandes objetivos sectoriales resumidos en los Objetivos Globales del Proyecto.

e) **SOSTENIBILIDAD**

La probabilidad de mantenimiento de la serie de ventajas derivadas del proyecto, la continuación de sus actividades y la consecución de los resultados, principalmente en lo relativo a los factores de desarrollo del apoyo político, los factores económicos y financieros, los aspectos socioculturales, la cuestión de la igualdad de sexos, la idoneidad de la tecnología, los aspectos ecológicos y la capacidad institucional.