

ANÁLISIS DE RESILIENCIA EN INVERSIONES DE UN SISTEMA DE RIEGO EN BASE A LA COMPARACIÓN DE ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO

ANALYSIS OF RESILIENCE IN INVESTMENT OF AN IRRIGATION SYSTEM BASED ON THE COMPARISON OF CLIMATE SCENARIOS

Fabiola Azcuña Castro y Dayana Estela Mejía Vaca

Diplomado en Adaptación al Cambio Climático en Recursos Hídricos

Facultad de Postgrado

Universidad Privada Boliviana

fabiola.azcunac@gmail.com

(Recibido el 24 de mayo 2021, aceptado para publicación el 26 de julio 2021)

RESUMEN

El presente documento refleja un Análisis de Resiliencia en Inversiones (ARI) de un sistema de riego para la Comunidad Cauchi Titiri, de acuerdo a la comparación de escenarios de cambio climático (CCSM4 y MIROC), y un análisis de variabilidad de la temperatura y precipitación, considerando los escenarios de trayectorias de concentración representativas (RCP): 2.6_2020; 4.5_2050 y 8.5_2050. Esta zona presenta inundaciones, sequías, heladas y granizadas; además está situado en un área semi árida, donde existe un nivel medio de amenaza en cuanto a sequías, presentando un alto déficit hídrico. Por consiguiente, se requiere la implementación de un sistema de riego que coadyuve a mejorar el rendimiento de la producción agrícola y garantice la disponibilidad de agua para riego en la zona. Los resultados obtenidos de este análisis indican que existirá un incremento de amenaza de sequías y heladas, considerados como riesgos principales para el ARI. Este análisis está basado en tres módulos de estudio, Análisis de Riesgos, Análisis de Resiliencia Climática y Análisis de Beneficio/Costo, se plantearon medidas de mitigación de exposición al riesgo, como ser, cambiar la ubicación del atajado y fortalecer no sólo las capacidades de limpieza del sistema de riego, sino también la capacidad de atender eventos de cambio climático. Por lo tanto, se logrará una reducción del riesgo del sistema en un 40%, considerando el riesgo actual y el riesgo con incidencia al cambio climático. Por su parte, se alcanzará un costo evitado de Bs. 1.526.668 por pérdidas de reconstrucción y atención a la emergencia.

Palabras Clave: Cambio Climático, Análisis de Resiliencia en Inversiones (ARI), Mitigación, Resiliencia, Trayectorias de Concentración Representativas (RCP), Modelos Climáticos, Sistema de riego.

ABSTRACT

This document shows the Investment Resilience Analysis (ARI) of an irrigation system in the Cauchi Titiri Community, according to the comparison of climate scenarios (CCSM4 and MIROC). Also, the variability of the temperature and precipitation considering the scenarios of representative concentration trajectories (RCP): 2.6_2020; 4.5_2050 and 8.5_2050. This area frequently suffers from floods, droughts, frosts and hailstorms. It is located in a semi-arid area, in which there is a medium level of threat in terms of droughts. Therefore, this area has a high water deficit. So, the implementation of an irrigation system is required to improve the yield of agricultural production and guarantees the availability of water for irrigation in the area. The results obtained from this analysis indicate that there is an increased threat of droughts and frosts, which were considered as main risks for the ARI. According to the corresponding analysis, which is based on three study modules, Risk Analysis, Climate Resilience Analysis and Benefit / Cost Analysis, risk exposure mitigation measures were proposed, such as changing the location of the reservoir and strengthen not only the cleaning capacities of the irrigation system, but also the capacity to deal with climate change events. Consequently, as a result of the implementation of these measures, a 40% reduction in the risk of the system will be achieved, considering the current risk and the risk of climate change. For its part, an avoided cost of Bs. 1,526,668 will be reached due to reconstruction losses and attention to the emergency.

Keywords: Climate Change, Analysis of Resilience in Investment (ARI), Mitigation, Resilience, Representative Concentration Pathway (CPR), Climate Models, Irrigation System.

1. INTRODUCCIÓN

El 75% del territorio de la Comunidad Cauchi Titiri del Municipio de Patacamaya, está ubicado en una zona semi árida, existiendo un nivel de amenaza media – alta a sequías [1]. Por su parte, existe un nivel medio a inundaciones, heladas y granizadas que se incrementan por la reducida cobertura vegetal de la zona y la escasez de agua, afectando directamente en la producción agrícola que es considerada la actividad económica principal del Municipio [1]. En este sentido, se requiere que se realicen estudios preliminares para el mejoramiento de la captación y distribución de agua en la zona. Ante la problemática de déficit hídrico, las familias de la Comunidad solicitaron el inicio de estudios para la dotación de un sistema de riego [2]. Es por esto, que se elaboró una propuesta de proyecto para la implementación de un sistema de

riego por Ariel Alexis Mamani Huanca [2]. La finalidad principal de este sistema de riego, es la captación de aguas superficiales y sub-superficiales del Río Sasarí, y su conducción hasta las áreas de cultivo potenciales de la Comunidad. Mediante el presente trabajo, se realizó una evaluación de la variación de la temperatura bajo los modelos climáticos (CCSM4 Y MIROC), tomando en cuenta los escenarios de trayectorias de concentración representativas (RCP): 2.6_2020; 4.5_2050 y 8.5_2050. De la misma manera, se elaboró la evaluación de variación de temperatura y precipitación en el Municipio de Patacamaya, mediante el análisis de tendencia de datos históricos entre los años 1957 a 2016. Esta evaluación complementaria, nos permitió realizar un mejor análisis de riesgos e identificación de las amenazas principales a las que puede estar sujeto el proyecto, para poder aplicar de manera efectiva la herramienta de Análisis de Resiliencia de Inversiones (ARI).

La finalidad de este análisis, es permitir la toma de decisiones de aplicabilidad del proyecto en la Comunidad Cauchi Titiri, bajo el enfoque de reducción de riesgo de desastres y la adaptación del cambio climático. Este análisis se desarrolló abarcando tres módulos principales: a) análisis de riesgos, b) análisis de resiliencia climática, y c) evaluación beneficio costo.

2. ZONA DE ESTUDIO

El Municipio de Patacamaya se encuentra ubicado en la Provincia Aroma del departamento de La Paz, a una distancia de 101 km de la ciudad de La Paz. Geográficamente entre las coordenadas: 17° 05' - 17° 20' de latitud sur, 67° 07' - 68° 07' de longitud oeste y a una altura promedio de 3.789 m.s.n.m. [1]. De acuerdo a los datos del CENSO de población y vivienda del año 2012 y el Instituto Nacional de Estadística de Bolivia (INE), el Municipio de Patacamaya cuenta con una población total de 22.858 habitantes [1].

El Municipio tiene un clima seco y frío a lo largo del año. Presenta precipitaciones bajas anuales y una temperatura media que en ciertas temporadas desciende drásticamente. La época de lluvias se presenta en los meses de diciembre a marzo y la época seca de junio a agosto. Pertenecen a la zona altiplánica, por lo que tienen características de una cuenca endorreica o cerrada que está cubierta por sedimentos [1].

Los pobladores se dedican a actividades agrícolas (papa, haba, quinua, cebada (forraje), entre los más importantes), pecuarias (crianza de ganado bovino, ovino, porcino, equino y aves de corral, para autoconsumo o en caso extremo venta) comercio (textiles, el turismo podría ser aprovechado de mejor manera, entre otros). La producción agrícola es la principal actividad de desarrollo económico, además que constituye el desarrollo social en el Municipio; y la crianza de ganado vacuno y ovino está dirigida a la producción de leche y carne [1].

Dentro de este territorio se encuentra la Comunidad Cauchi Titiri, ubicada fuera del radio urbano del Municipio de Patacamaya (20 minutos en movilidad) situado dentro de la Cuenca del Río Sasari, perteneciente a la Subcuenca Desaguadero. Cabe mencionar que, se realizó la propuesta de la implementación de un sistema de riego para esta Comunidad, debido al requerimiento de las familias de la zona [2].

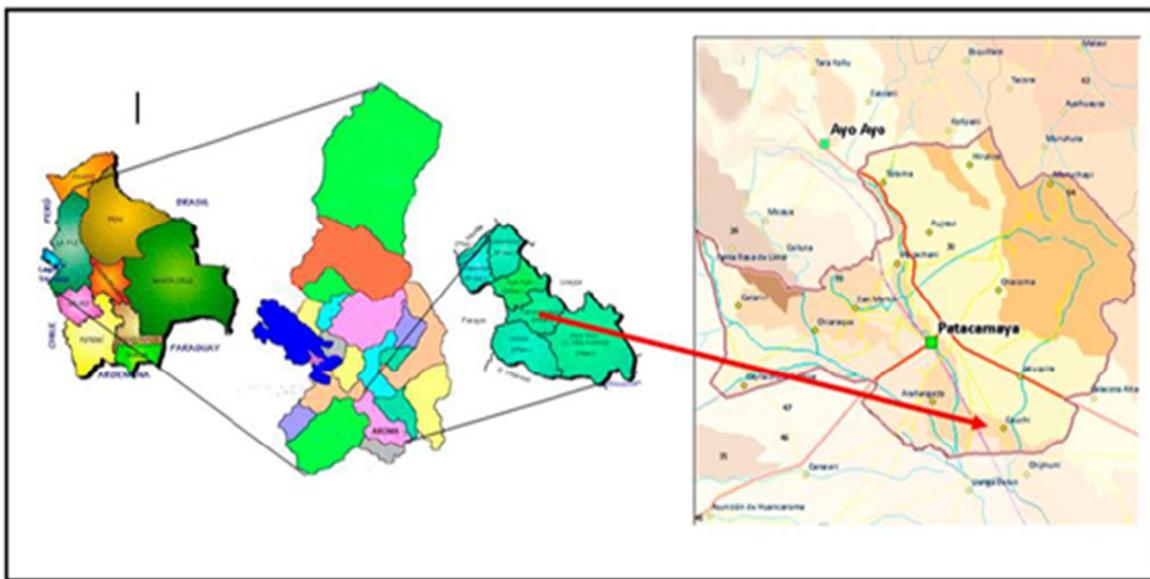


Figura 1: Ubicación del sistema de riego dentro del Municipio de Patacamaya.
Fuente: [2].

3. METODOLOGÍA

De acuerdo con la Figura 2, la metodología empleada para el desarrollo de este trabajo consistió primeramente en la recolección de información primaria a través de una visita de campo al Municipio de Patacamaya y la Comunidad Cauchi Titiri. La información obtenida fueron datos sobre frecuencia de eventos climáticos y datos generales sobre las características principales del Municipio. Posteriormente, se obtuvo información secundaria sobre datos históricos de temperatura y precipitación de la zona y, de la misma manera, información técnica del proyecto del sistema de riego [1]. Con esta información, se procedió a elaborar mapas de variación de temperatura del Municipio, empleando los modelos climáticos (CCSM4 y MIROC). De la misma forma, se realizó un análisis de tendencia de datos históricos de temperatura y precipitación de la zona. Cabe resaltar que, este proceso dentro de la metodología, facilitó la identificación de las principales amenazas y riesgos a los que estaría expuesto el proyecto. Finalmente, se aplicó la herramienta ARI al proyecto, considerando cada uno de los módulos y etapas para el análisis de resiliencia climática [3].

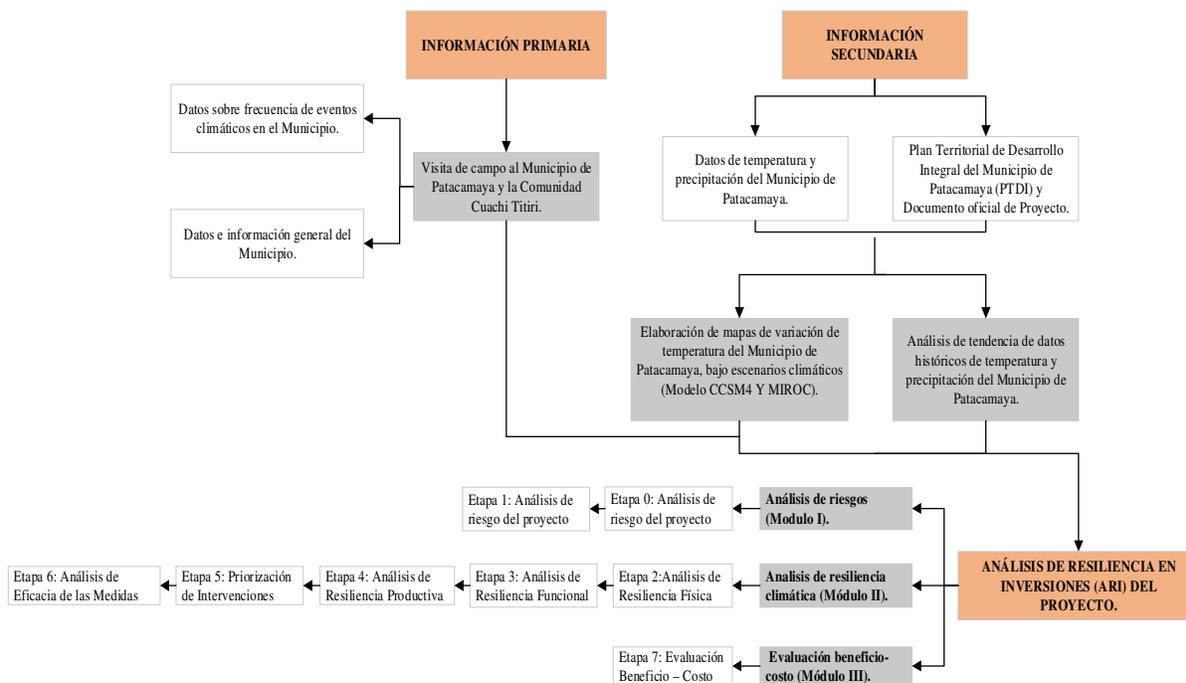


Figura 2: Diagrama de flujo para la realización del ARI del proyecto, bajo la comparación de escenarios climáticos.

Fuente: Elaboración Propia, Fabiola Azcuña y Dayana Mejía (2021).

3.1. Análisis de amenazas y vulnerabilidades del Municipio de Patacamaya a los efectos del Cambio Climático

Según información obtenida del Plan Territorial de Desarrollo Integral del Municipio de Patacamaya (2016 – 2020), las amenazas que presenta continuamente Patacamaya debido al Cambio Climático, son las siguientes:

Sequías: El 75% del territorio está ubicado en área semi árida, donde existe un nivel de amenaza media a sequías. Así también, el 15% del territorio está ubicado en área desértica, con un nivel muy alto de amenaza a sequías. Por último, el 10% del territorio de Patacamaya está ubicado en un área de sabana semi húmeda, con un nivel muy bajo de amenaza a sequías. En este sentido, el Municipio presenta áreas con alto riesgo de sequía [1].

Heladas: La mayor frecuencia de heladas, se da entre el periodo de época seca, correspondiente a los meses de mayo a agosto. Cabe mencionar que, durante los meses sin ocurrencia de heladas coinciden con los meses de mayor precipitación [1].

Granizadas: Presenta un nivel medio de granizadas [1]. Sin embargo, la amenaza de granizo en la zona se centra principalmente en la etapa de floración de los cultivos, ocasionando la disminución del rendimiento de los cultivos de la zona. Por su parte, otro sector afectado por esta amenaza es la ganadería, debido a que disminuye la productividad y la capacidad de carga de la vegetación nativa de la región. Las granizadas ocurren normalmente en los meses de marzo y octubre, siendo la época de inicio y final de las lluvias en la región [1].

Inundaciones: Presenta un nivel medio de probabilidad de inundaciones en la totalidad del territorio. Las inundaciones normalmente acontecen en los meses de enero y febrero, con mayor frecuencia en la zona baja del territorio. Esto ocurre debido al desborde de los ríos que toman nuevos cursos inundando campos agrícolas y praderas nativas. Por su parte, el desborde de los ríos en la zona, imposibilita la circulación de moviidades, personas y pastoreo de ganado. En el territorio de Patacamaya este evento extremo ocasiona saturación del suelo por incremento del nivel freático (Acumulación de agua subterránea que se sitúa a una escasa profundidad bajo el suelo), afectando en la producción de cultivos y el colapso de construcciones [1].

3.1.1. Variación de temperatura bajo modelos climáticos (CCSM4 y MIROC) y análisis tendencial mediante datos históricos de temperatura del Municipio de Patacamaya

Los modelos climáticos nos ayudan a evaluar de manera matemática los procesos que ocurren en el sistema climático (atmósfera, geosfera, océanos, criosfera y biosfera). Así también, demuestran el clima actual, simulan los cambios en las últimas décadas y generan proyecciones futuras de cambio climático.

Los escenarios de Trayectorias de Concentración Representativas (RCP), describen cuatro trayectorias diferentes de acuerdo a las emisiones y concentraciones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en el siglo XXI a nivel mundial. Los escenarios son conocidos como: RCP 2.6, que implicaría la toma de medidas estrictas de mitigación; dos escenarios intermedios RCP 4.5 y RCP 6.0. Por último, el RCP 8.5 representa un nivel alto de emisiones de GEI [2].

Los modelos utilizados en el presente estudio para una proyección de Cambio Climático del parámetro de temperatura, fueron: CCSM4 y MIROC, aplicados mediante el Portal Regional de Datos sobre el Cambio Climático [3]. Cabe resaltar que, el Municipio de Patacamaya no cuenta con información sobre proyecciones futuras del comportamiento del cambio climático, en base a la aplicación de modelos climáticos. Es por esto que, para la utilización de estos modelos, se realizó una revisión bibliográfica sobre la aplicación de modelos climáticos en Bolivia. Como resultado, los Modelos CCSM4 y MIROC fueron aplicados en investigaciones anteriores y con los cuales se obtuvo un mejor ajuste y correlación de datos [6] - [7]. El RCCDP, fue desarrollado por la Universidad de Nebraska-Lincoln por el grupo de trabajo Regional de Modelado Climático, auspiciado por la Iniciativa de Energía Sostenible y Cambio Climático del Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Esta herramienta proporciona escenarios climáticos, por medio del proceso de *downscaling* para la región mesoamericana y caribeña. También, genera escenarios más completos para países individuales en América Latina. Es necesario mencionar que, por el momento solo se consideraron los países de Bolivia, Guatemala y Honduras, trabajando con datos proporcionados por el mismo país anfitrión [4].

En la Figura 3, se observa la representación de temperatura del Municipio, utilizando el modelo CCSM4. La base de comparación, es el escenario RCP 2.6 año 2020 (extremo izquierdo). De acuerdo al escenario RCP4.5 (centro) y el escenario RCP8.5 (extremo derecho), existe una pérdida de tonalidades azules a colores más claros como celeste y/o blanco para el año 2050, lo que indica que para un futuro existirá un incremento de temperatura de uno o dos grados promedio anual en la zona, ya sea un escenario intermedio o pesimista.

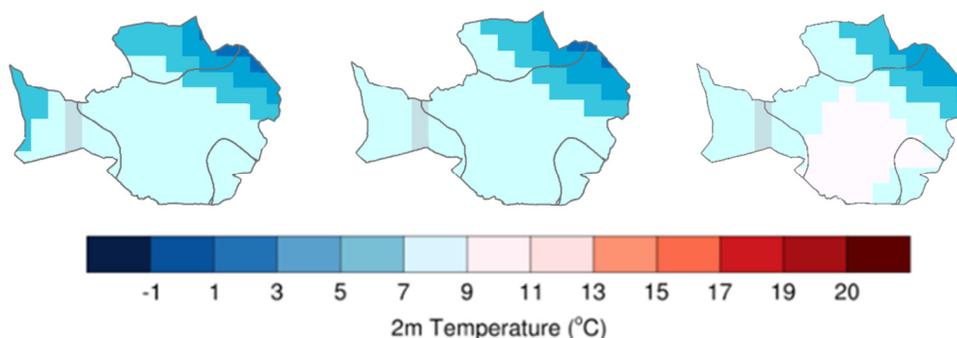


Figura 3: Modelo CCSM4 escenarios: RCP2.6_2020, RCP4.5_2050, RCP8.5_2050 del Municipio de Patacamaya

Fuente: Elaboración propia con mapas generados RCCDP [5].

En la Figura 4, se observa una representación de temperatura del Municipio utilizando el modelo MIROC. La base de comparación es el escenario RCP2.6 año 2020 (extremo izquierdo). Como se puede observar, en el escenario RCP4.5 (centro) y el escenario RCP8.5 (extremo derecho), existe una pérdida de tonalidades azules a colores más claros como celeste y/o blanco para el año 2050, lo que indica que para un futuro si habrá un incremento de temperatura de uno o dos grados promedio anual en la zona, ya sea un escenario intermedio o pesimista.

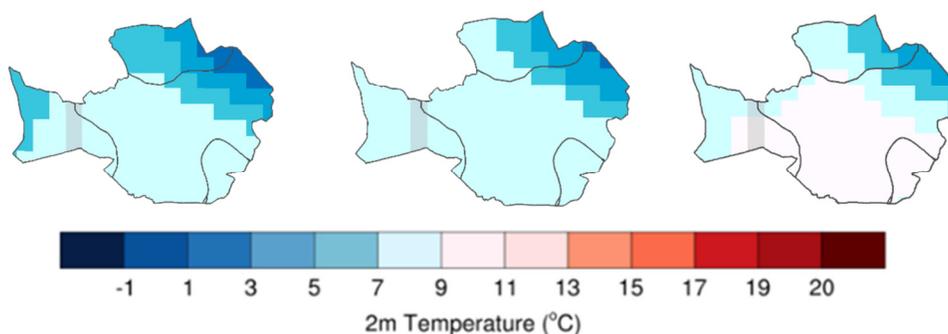


Figura 4: Modelo MIROC escenarios: RCP2.6_2020, RCP4.5_2050, RCP8.5_2050 del Municipio de Patacamaya
Fuente: Elaboración propia con mapas generados en RCCDP [5].

Tanto en el modelo CCSM4 y MIROC, el escenario RCP 8.5 representa un incremento de 2°C del promedio anual para el año 2050, casi en la totalidad del Municipio.

Dado que no existe un registro de datos de temperatura desde el año 2016 en el Municipio Patacamaya, se realizó una proyección en base a 30 años de datos históricos para tener un promedio de la gestión 2020, y de esta manera verificar si existe alguna correlación al escenario RCP2.6 año 2020 en ambos modelos. Como se puede observar en la Figura 5, el promedio de la temperatura anual de Patacamaya está dentro de un rango de 9 – 10 °C. En cambio, de acuerdo con los modelos climáticos la temperatura es de 7-9°C; aun así siguen siendo datos cercanos.

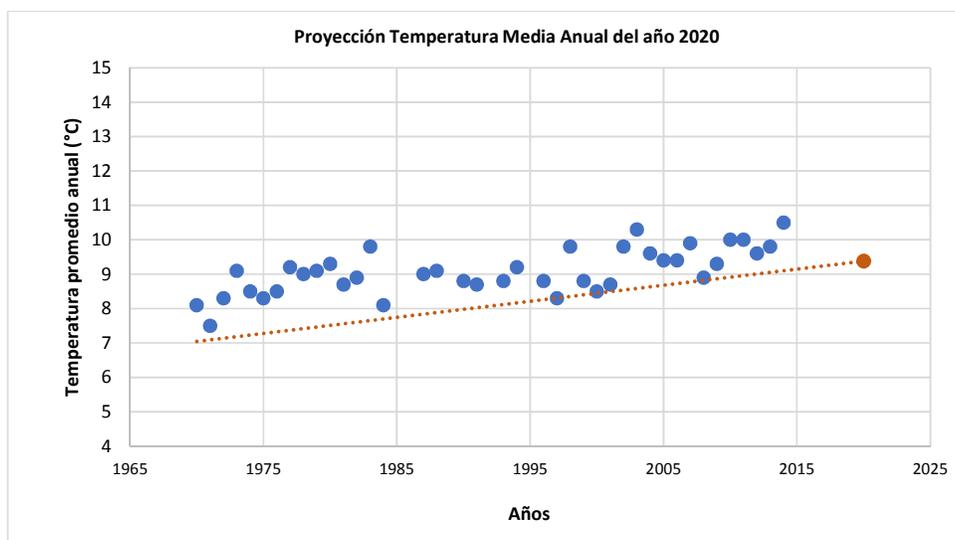


Figura 5: Proyección de Temperatura Media Anual del Municipio de Patacamaya.
Fuente: Elaboración propia, en base a datos obtenidos del SENAMHI [9].

Evaluar los datos históricos de temperatura en la región, ayuda a determinar el comportamiento de la temperatura del Municipio de Patacamaya a lo largo de los últimos años y, de la misma forma, analizar bajo qué condiciones la población de Patacamaya estuvo viviendo, con respecto a la sucesión de eventos climáticos en la zona. Cabe mencionar que, al no contar con una base de datos de temperatura y precipitación de la Comunidad Cauchi Titiri, se asume que se tiene el mismo comportamiento climatológico que todo el Municipio [9].

La Figura 6, muestra la temperatura media del Municipio de Patacamaya teniendo un periodo largo de registro desde 1957 a 2016. En el primer periodo registrado (1957 – 1976), los datos promedios mensuales de temperatura, señalan un incremento en época de verano y un descenso en la temporada de invierno. Sin embargo, en varios meses del periodo considerado, no se cuentan con datos registrados, influyendo en la representación en la gráfica. Para el segundo periodo (1977 – 1996), ya se cuentan con datos completos y, de igual manera, se tiene una diferencia en la época de verano e invierno. Por último, para el tercer periodo (1997 – 2016), existe un aumento en la temperatura a comparación del segundo periodo.

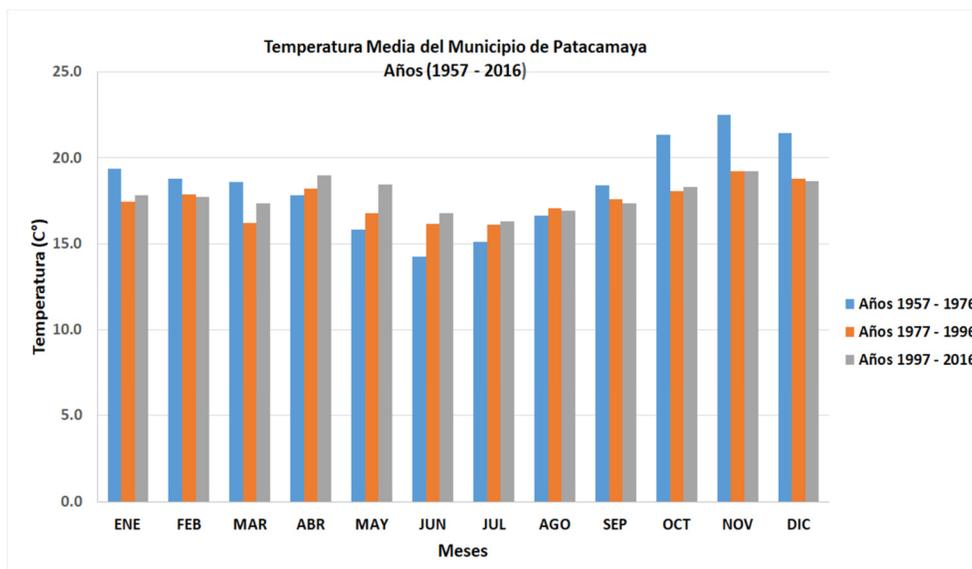


Figura 6: Temperatura Media del Municipio de Patacamaya de los Años (1957 - 2016).

Fuente: Elaboración propia, en base a datos del SENAMHI [9].

La Figura 7, representa de una manera tendencial de datos de los tres periodos registrados. Hasta el año 1976, los datos mostrados no son confiables, debido a que existen datos no registrados por razones desconocidas. De la misma manera, mediante esta Figura, se observa una ligera disminución de $-0.02\text{ }^{\circ}\text{C/año}$, de acuerdo a la pendiente de la línea de tendencia, que como se mencionaba anteriormente, este resultado está influenciado por el primer periodo de años analizado. Sin embargo, si se considera para el análisis solamente el periodo de años de 1990 a 2016, se observa que existió un aumento de la temperatura en el Municipio de Patacamaya.

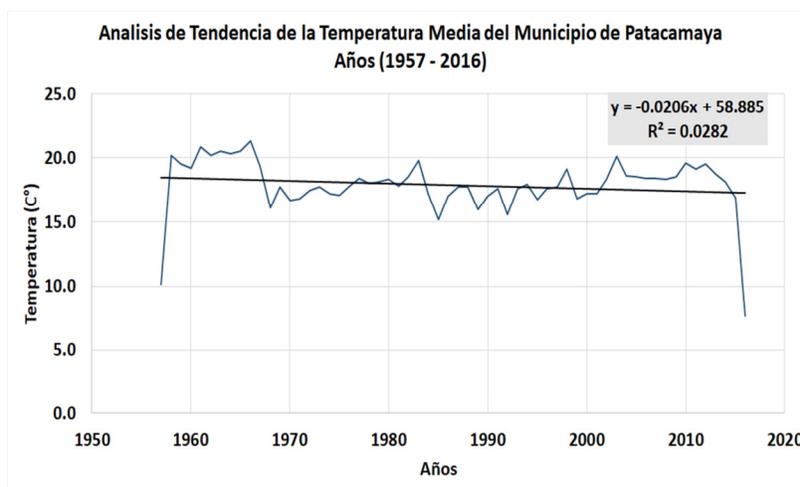


Figura 7: Análisis de Tendencia de la Temperatura Media del Municipio de Patacamaya Años (1957 - 2016)

Fuente: Elaboración propia, en base a datos del SENAMHI [9].

3.1.2. Análisis tendencial de precipitación mediante datos históricos del Municipio de Patacamaya

En la Figura 8, se observa los datos de precipitación media del Municipio de Patacamaya considerando los años de 1957 al 2016. De acuerdo con esta gráfica, en los últimos años de este periodo, las precipitaciones se efectuaron entre los meses de octubre y marzo, que se concentra aproximadamente el 68% de las precipitaciones [1]. De la misma manera, se observa que en los meses de abril a septiembre existe una reducción de las precipitaciones, siendo el periodo de estiaje en esta zona. Los meses de junio y julio son considerados los periodos de menor precipitación anual. Por su parte según esta gráfica, se observa que, en Patacamaya existió variabilidad en las precipitaciones a lo largo de este periodo de tiempo.

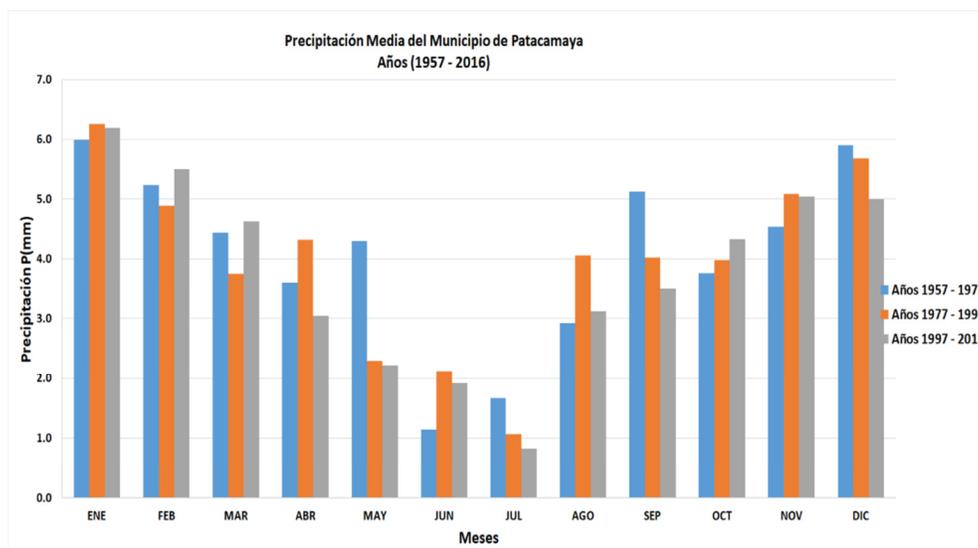


Figura 8: Precipitación Media del Municipio de Patacamaya Años (1957 - 2016).

Fuente: Elaboración propia, en base a datos del SENAMHI [9].

La Figura 9, muestra de forma tendencial el análisis de datos de precipitación media del Municipio de Patacamaya. Existe una correlación baja de datos que puede considerarse un indicador del cambio climático en la zona. Así también, está relacionado al vacío de datos de precipitación registrados de los años de 1957 a 1977 por razones desconocidas. De la misma manera, mediante esta Figura, se observa una ligera disminución de -0.1 mm/año de acuerdo a la pendiente de la línea de tendencia, que como se mencionaba anteriormente este resultado está sujeto a la variabilidad en las precipitaciones durante el periodo de los años abarcados para este análisis.

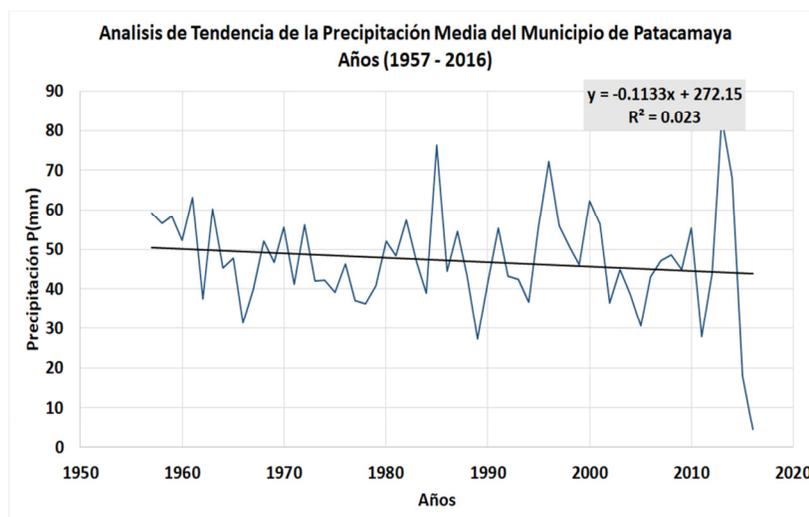


Figura 9: Análisis de Tendencia de la Precipitación Media del Municipio de Patacamaya Años (1957 - 2016).

Fuente: Elaboración propia, en base a datos del SENAMHI [9].

3.2. Proyecto Sistema de Riego De la Comunidad Cauchi Titiri del Municipio de Patacamaya

El proyecto elegido como referencia para el desarrollo de esta investigación, fue elaborado por Ariel Alexis Mamani Huanca [2]. La razón principal de su elección, fue que este estudio no contaba con un análisis de Cambio Climático, como tampoco con un adecuado estudio del reglamento básico de pre-inversión, lo cual es comprensible al tratarse de un documento para obtener un grado académico. Sin embargo, observamos potencial en este proyecto, no solo por la propuesta, sino también, porque se trabajó directamente con el Gobierno Municipal de Patacamaya y la Comunidad Cauchi Titiri.

La propuesta de proyecto, está relacionada a un sistema de riego formulado para la Comunidad Cauchi Titiri, ubicada fuera del radio urbano del Municipio de Patacamaya. Según lo indicado anteriormente, el trabajo dirigido [2] surge por la necesidad de los pobladores de Cauchi Titiri por obtener un sistema de riego para mejorar el rendimiento de la producción agrícola [5].

La construcción de un sistema de riego está destinada a fortalecer la seguridad alimentaria, mejorando los niveles de productividad agrícola. Al mismo tiempo, se busca disminuir la migración y mejorar la comercialización de sus productos.

En este sentido, el proyecto considera los siguientes componentes, según lo indicado en el trabajo dirigido [2]:

- Obra de toma (captura de agua del Río Sasarí) tipo Galería Filtrante de hormigón ciclópeo, con gaviones de protección.
- Una cámara de regulación de flujo, de ingreso al sistema de aducción y de limpieza.
- Un reservorio de agua con capacidad de 2.200 m³ de tipo Atajado con geo membrana, con canal y cámara de ingreso.
- Tubería de aducción de 6 a 8 Pulg. de PVC de 1,308m.
- Tubería de distribución de 6 a 8 Pulg. de PVC de 3,253m.
- 12 cámaras de irrigación con compuertas de derivación tipo gusano.

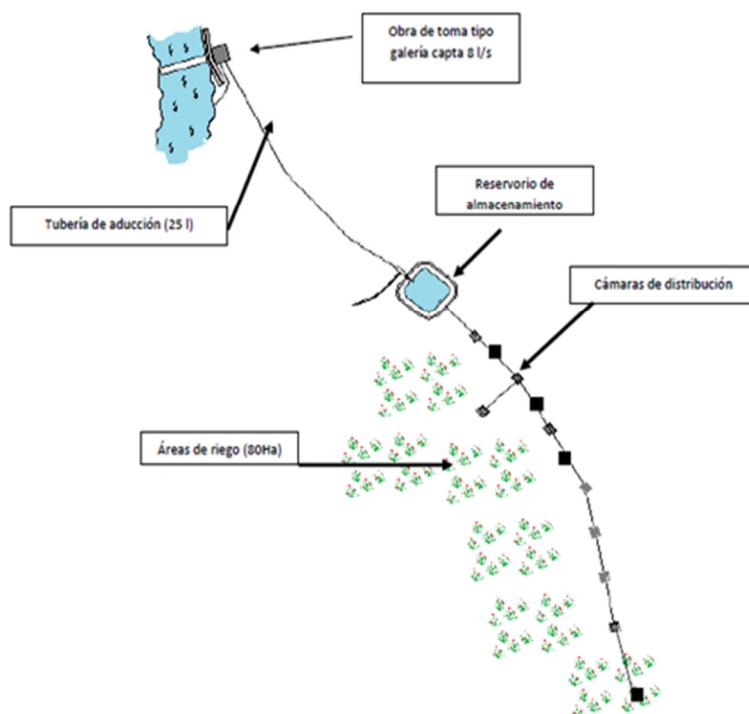


Figura 10: Sistema de Riego para la Comunidad Cauchi Titiri
Fuente: [2]

En la misma propuesta de proyecto, se dispone la conformación de un Comité de Riego (CR), debido a que el sistema de riego debe presentar un seguimiento para su uso adecuado y mantenimiento durante el tiempo de vida estimado (20 años).

El sistema de riego traerá consigo un beneficio a los cultivos tradicionales de Papa, Quinoa, Cebada (forraje) Haba y Alfalfa. Como dato importante para la implementación de este proyecto, el total de superficie cultivable es de 11,60 Ha., y con la implementación de este sistema aumentaría a 56,15 Ha. [5].

3.3. Análisis de Resiliencia en Inversiones (ARI) del Sistema de Riego propuesto para la Comunidad Cauchi Titiri del Municipio de Patacamaya

Este software fue desarrollado por el equipo del Proyecto Reducción del Riesgo de Desastres – Gobernanza del riesgo de la Cooperación Suiza en Bolivia [16]. La herramienta es aplicada en sectores como: agua, saneamiento básico, riego,

residuos sólidos, vivienda, infraestructura vial, entre otros, para proyectos de pre-inversión o proyectos de inversión. Considera tres módulos para identificar el nivel de resiliencia del proyecto y, además, realiza un análisis de beneficio-costos considerando los costos evitados.

Módulo 1 Análisis de riesgo: Identificar las amenazas, vulnerabilidades y capacidades que influyen en la implementación del proyecto.

Módulo 2 Análisis de resiliencia climática: Identifica el nivel de riesgo de cada componente del proyecto, para proponer medidas de mitigación y/o adaptación para minimizar el riesgo. Cabe mencionar que, para un proyecto de riesgo, se incrementa un paso extra “Análisis de Resiliencia Productiva”.

Módulo 3 Evaluación beneficio-costos: Demostrar en términos económicos la conveniencia de aplicar las medidas resilientes al proyecto.

3.3.1. Inicio del Proyecto

Título del Proyecto: Formulación del Proyecto Sistema de Riego de la Comunidad Cauchi Titiri del Municipio de Patacamaya.

Municipio/Comunidad/Departamento: Municipio de Patacamaya/Comunidad Cauchi Titiri/ Departamento de La Paz – Bolivia.

Tipo de Proyecto: Construcción de sistema de riego.

Estado del proyecto: Pre-inversión.

Beneficios del proyecto: 52 familias, 260 personas beneficiarias del sistema de riego Cauchi Titiri.

Costo Total Estimado del Proyecto: Bs. 998.712,41

Complementando la información del proyecto, se realizó un relevamiento de información en campo, a través de una visita al Municipio de Patacamaya, donde se realizó una encuesta al Gobierno Municipal de Patacamaya y a su Unidad de Gestión de Riesgos y Desastres. Asimismo, se realizaron encuestas a algunos comunarios de la Comunidad Cauchi Titiri para obtener información sobre la ocurrencia de eventos climáticos adversos en la zona y la evaluación de su capacidad de respuesta ante estos eventos.

3.3.2. Análisis de Riesgo del Proyecto

Entre las amenazas identificadas que ponen en riesgo al proyecto, se encuentran las inundaciones súbitas o repentinas y el déficit hídrico y/o sequías, ambos con un periodo de ocurrencia cada 2 años. Así también, las amenazas climáticas identificadas que afectan en la producción de cultivos de manera significativa en este Municipio, son las heladas y las sequías, con un periodo de ocurrencia cada 1 año. De la misma forma, se identificó las posibles afectaciones de los componentes del proyecto a las amenazas, incrementando su nivel de vulnerabilidad.

Amenaza 1: Inundaciones súbita o repentina (riadas): Obstrucción de los canales del sistema de captación de tipo galería filtrante y arrastre excesivo de sedimentos.

Amenaza 2: Déficit hídrico y/o sequías: Afectación a la cámara de regulación del caudal y alteración de las cámaras de distribución de agua para el riego de cultivos.

Amenaza 3: Heladas y sequías (cultivos): Las heladas afectan a la producción de papá, cebada (forraje), alfalfa y quinua. En cambio, las sequías afectan principalmente a la producción de quinua y también a la producción de cebada (forraje), alfalfa y papa.

También se identificaron las principales capacidades necesarias a desarrollarse para reducir el riesgo del proyecto. Entre estas capacidades se encuentran: a) La generación de bases de información y datos sobre el cambio climático en el Municipio de Patacamaya; b) La gestión de implementación de sistemas de alerta temprana y planes de contingencia, por parte del Gobierno Municipal de Patacamaya; c) Fortalecer las capacidades de prevención, reacción y recuperación ante amenazas de la Unidad de Gestión de Riesgos y Desastres del Gobierno Municipal de Patacamaya.

3.3.3. Análisis de resiliencia física

El análisis de resiliencia física, se basa en medir la fortaleza o robustez de los componentes del proyecto e identificar aquellos que no sean físicamente resilientes frente a las amenazas principales. Para este análisis, se consideró como amenazas principales las inundaciones súbitas o repentinas y el déficit hídrico y/o sequías. Al mismo tiempo, se tomaron en cuenta cuatro criterios principales que nos ayudaron a determinar el nivel de resiliencia física de cada componente. Estos criterios fueron los siguientes: a) Ubicación del componente; b) Calidad y diseño de construcción del componente; c) El daño probable; y d) Impacto al funcionamiento del componente. Como resultado de este análisis,

se obtuvo que los componentes con menor nivel de resiliencia física ante estas amenazas, son el atajado y la galería filtrante.

3.3.4. Análisis de resiliencia funcional

En esta etapa, se consideran las propiedades operacionales y sociales de cada componente del proyecto, determinando la sensibilidad de su funcionamiento en condiciones de amenazas. Aquí se evaluó cada componente del proyecto bajo los siguientes cuatro criterios: a) Derechos del uso del agua, b) Operación y mantenimiento, c) Capacidad de Gestión, y d) Capacidad de respuesta a la emergencia.

De acuerdo al análisis realizado, se determinó que los componentes del proyecto: la galería filtrante y el atajado, tienen un nivel medio de resiliencia funcional. En cambio, el resto de los componentes tienen una resiliencia funcional alta frente a las amenazas.

3.3.5. Análisis de resiliencia productiva

Considerando los datos del proyecto y la visita en campo, los cultivos principales que se ven afectados por la amenaza de sequía y heladas son: la quinua, la papa y la cebada (forraje).

El análisis indica, que el nivel de resiliencia de los cultivos tradicionales es muy bajo. De igual manera, los mismos comunarios tienen la percepción que, estos eventos extremos, afectan casi la totalidad de la producción y lo poco que pueden recuperar, es de baja calidad.

3.3.6. Priorización de intervenciones

Para esta etapa, se conoció la frecuencia de ocurrencia de las amenazas, mediante las entrevistas realizadas en el Municipio de Patacamaya. Considerando el nivel de riesgo en los componentes del proyecto y su importancia de funcionamiento en el sistema como se muestra en la Tabla 1, priorizando tres componentes del proyecto. El atajado y los cultivos tradicionales (quinua, papa y cebada) tienen el mismo nivel de priorización.

TABLA 1 - PRIORIZACIÓN DE COMPONENTES DEL PROYECTO Y POSIBLE CONSECUENCIA SIN INTERVENCIÓN

Componente	Nivel de Priorización	Posible Consecuencia
Atajado	1	Inundación del componente y concentración de sedimentos.
Galería Filtrante	2	Pérdida de producción de cultivos tradicionales por falta de agua.
Cultivos tradicionales	1	Reducción del rendimiento de la producción agrícola y afectación a la seguridad alimentaria de la Comunidad Cauchi Titiri.

Fuente: Elaboración propia en base al informe final Herramienta ARI [16].

3.3.7. Análisis de eficacia de las medidas

Se identifican los factores que afectan la vulnerabilidad, ya sean externos o internos, tanto para los componentes y los cultivos. Los factores que incrementan la vulnerabilidad de los componentes del Sistema de Riego Cauchi Titiri del Municipio de Patacamaya, son los siguientes, Tabla 2:

TABLA 2 - FACTORES DE VULNERABILIDAD DE LOS COMPONENTES DEL PROYECTO

Componente	Atajado	Galería Filtrante	Cultivos tradicionales
Factores de Vulnerabilidad	Incremento del caudal del Río Sasarí (mayores sedimentos).	Falta de capacidades del CR. para la limpieza.	Eventos de heladas y sequías más frecuentes.
	Desvió del Río en dirección a la ubicación del atajado.	Ocurrencia de un evento extremo de sequía (Inesperado).	Falta de capacidades para atender eventos de cambio climático.
		Mala gestión del comité de riego y el Gobierno Municipal de Patacamaya.	Disminución del rendimiento del suelo.

Fuente: Elaboración propia en base al informe final Herramienta ARI [16].

De igual manera, los datos históricos y la percepción de los comunarios, indican que en los últimos años los eventos de sequías e inundaciones son más intensos. No obstante, con la implementación de las medidas de adaptación, existe una reducción del riesgo al 40%.

Análisis de Eficacia de las Medidas de Adaptación																														
Componente NO Resiliente:	Atajado					Orden de Prioridad:					2*																			
Medidas para reducir el riesgo:	Trasladar la ubicación del Atajado (Alejar el componente del Río Sasari).					Daño esperado:					Inundación del componente y concentración de sedimentos.																			
Factores que afectan la vulnerabilidad	MEDIDAS DE ADAPTACIÓN																													
						Medida de Adaptación 1			Medida de Adaptación 2			Medida de Adaptación 3																		
						Mover la ubicación del atajado a una zona mas segura a inundaciones y de aprovechamiento para el riego de cultivos.			Mover la ubicación del atajado a una zona mas segura a inundaciones y de aprovechamiento para el riego de cultivos + Limpieza adecuada del Atajado.																					
	Incidencia Actual			Incidencia del cambio Climatico			Incidencia medida de adaptación 1			Incidencia medida de adaptación 2			Incidencia medida de adaptación 3																	
	MB	B	M	A	MA	MB	B	M	A	MA	MB	B	M	A	MA	MB	B	M	A	MA	MB	B	M	A	MA					
Incremento del caudal del Río Sasari (mayores sedimentos).	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Desvío del Río en dirección a la ubicación del Atajado.			3						4			2					2													
Nivel indicativo del riesgo:	60 %					80 %					50 %					40 %					0 %									

Figura 12: Análisis de Eficacia de la Medida para el componente atajado. Fuente: [16].

Análisis de Eficacia de las Medidas Productivas de Adaptación																									
Componente NO Resiliente:	Cultivos tradicionales					Orden de Prioridad:					1°														
Medidas para reducir el riesgo:	Adaptación de cultivos tradicionales al cambio climático y ajustar el calendario agrícola, en base a datos históricos de eventos climáticos en el Municipio de Patacamaya.					Daño esperado:					Reducción del rendimiento de la producción agrícola y afectación a la seguridad alimentaria de la Comunidad Cauchi Titiri.														
Factores que afectan la vulnerabilidad	MEDIDAS DE ADAPTACIÓN																								
						Medida de Adaptación 1			Medida de Adaptación 2			Medida de Adaptación 3													
						Adecuación del calendario agrícola a los eventos.			Adecuación del calendario agrícola a los eventos + fortalecimiento de capacidades para atender eventos de CC.			Adecuación del calendario agrícola + fortalecimiento de capacidades para atender eventos de CC + Implementación de cultivos de protección.													
	Incidencia Actual			Incidencia del cambio Climatico			Incidencia medida de adaptación 1			Incidencia medida de adaptación 2			Incidencia medida de adaptación 3												
	MB	B	M	A	MA	MB	B	M	A	MA	MB	B	M	A	MA	MB	B	M	A	MA	MB	B	M	A	MA
Eventos de heladas y sequías mas frecuentes.				4	5				4	5		2					2					2			
Falta de capacidades para atender eventos de CC.			3						4				3				2					2			
Disminución del rendimiento del suelo.			3						4					4					4			2			
Nivel indicativo del riesgo:	67 %					87 %					60 %					53 %					40 %				

Figura 13: Análisis de Eficacia de la Medida para el componente cultivos tradicionales. Fuente: [16].

3.3.8. Evaluación beneficio costo

El último paso del ARI corresponde al análisis de Beneficio / Costo con enfoque en costos evitados. En esta etapa, se realiza una comparación de los costos de la implementación de medidas resilientes, respecto al costo a gastar si no se considera ninguna medida de resiliencia.

Las medidas identificadas como las más adecuadas para reducir la vulnerabilidad de riesgo del proyecto, tienen un costo específico, que será detallado a continuación.

El costo total de implementación de las medidas de adaptación es de Bs. 63.200 y su costo de mantenimiento anual es de Bs./año 13.201, Tabla 4.

Por otro lado, también se identifican los costos que se evitarían con la construcción de las medidas, es decir, aquellos gastos en los que se incurriría si no se reduce la vulnerabilidad de los componentes del proyecto. Estos costos están detallados a continuación.

TABLA 4 - COSTO DE IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS

Componente en Riesgo	Costo de implementación de la medida Bs.	Costo de mantenimiento anual (Bs/Año)
Atajado	3.200	3.200
Galería Filtrante	40.000	1
Cultivos tradicionales	20.000	10.000
Costos totales de medidas resilientes	63.200	13.201

Fuente: Elaboración propia en base al informe final Herramienta ARI [16].

El total de los costos que se evitarían con la implementación de las medidas resilientes se detallan en la Tabla 5 y es de Bs. 1.526.668.

TABLA 5 - COSTOS EVITADOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS

Componente + Medidas de mitigación	Costo Evitado (Bs.)	Afectaciones Evitadas
Atajado	615.856	Con esto se evitará el reemplazo de atajado en su totalidad, además no se perderá la producción a un 70%.
Galería Filtrante	470.406	Pérdida casi total (70%) de la producción agrícola en el municipio.
Cultivos tradicionales	440.406	Pérdida de producción agrícola y erosión de suelos.
Costos totales evitados	1.526.668	

Fuente: Elaboración propia en base al informe final Herramienta ARI [16].

Para comparar los beneficios con los costos, en los proyectos que tendrán un bienestar en la sociedad, se calcula la tasa de Beneficio/Costo. Las medidas seleccionadas para elevar la resiliencia del Sistema de Riego de la Comunidad Cauchi Titiri del Municipio de Patacamaya, tienen las siguientes tasas de Beneficio/Costo, Tabla 6:

TABLA 6 - RELACIÓN BENEFICIO/COSTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN

Número de medida de mitigación	Relación Beneficio Costo
1	La medida tiene un costo de Bs. 3.200 con una relación de beneficio costo de 62,8 lo cual implica que por cada boliviano que se invierta en resiliencia se evitan Bs.62,8 en pérdidas, reconstrucción y atención a la emergencia.
2	La medida tiene un costo de Bs. 40.000 con una relación de beneficio costo de 57,2, lo cual implica que por cada boliviano que se invierta en resiliencia se evitan Bs.57,2 en pérdidas, reconstrucción y atención a la emergencia.
3	La medida tiene un costo de Bs. 20.000 con una relación de beneficio costo de 26,9 lo cual implica que por cada boliviano que se invierta en resiliencia se evitan Bs. 26,9 en pérdidas, reconstrucción y atención a la emergencia.

Fuente: Elaboración propia en base al informe final Herramienta ARI [16].

4. RESULTADOS

La modelación de temperatura en los modelos de CCSM4 y MIROC, indican que entre estos dos modelos no existen diferencias a grandes rasgos. Para el escenario RCP 2.6 las temperaturas en el Municipio de Patacamaya son de 7°C a 9°C. En cambio, para el escenario RCP 4.6 año 2050 la temperatura en ciertas zonas (norte del Municipio) incrementa de manera gradual. Por último, el escenario RCP 8.5 presenta un aumento de temperatura en la zona central y sur de Patacamaya, donde se encuentra ubicada la Comunidad Cauchi Titiri teniendo una temperatura promedio anual de 9°C a 11°C para el año 2050.

De acuerdo a la Figura 6, los datos históricos de temperatura media del Municipio de Patacamaya, reflejan una variación de temperatura en el periodo de años (1957 – 1996). En este periodo existe un incremento de la temperatura en la época de verano, y un deceso en la temporada de invierno. Asimismo, existen algunos datos no registrados de temperatura en este periodo, lo cual influye en la representación de esta gráfica. Por su parte, en el tercer periodo (1997 – 2016), existe un registro completo de datos históricos de temperatura que reflejan el aumento de la misma a comparación de los anteriores años registrados. De la misma forma, según el análisis tendencial de temperatura de la Figura 7, se observa una ligera disminución de temperatura de -0.02 °C año con respecto a la línea de tendencia.

El análisis de tendencia de los datos históricos de precipitación media del Municipio de Patacamaya, en base al periodo de años (1957 – 2016), nos muestra que existió una alta variabilidad en las precipitaciones. Esta variabilidad está reflejada en la disminución de la precipitación en los periodos de lluvia en esta zona (octubre a marzo), y también en la época de estiaje en los periodos de abril a septiembre. De la misma manera, existió un incremento en la precipitación en este Municipio a partir del año 2010. De acuerdo a la Figura 9, se observa una ligera disminución de -0.1 mm/año de acuerdo a la línea de tendencia, y también una correlación baja de datos que puede considerarse un indicador del cambio climático y, a la vez, está relacionado al igual que la temperatura, al vacío de datos históricos en algunos meses de los primeros años considerados para este análisis.

Según los resultados de análisis expuesto anteriormente y el análisis de riesgos del ARI del proyecto, el área de implementación del sistema de riego para la Comunidad Cauchi Titiri, se encuentra expuesto a inundaciones súbitas o repentinas (riadas), y a un déficit hídrico y/o sequías. Estas amenazas tienen una recurrencia de cada dos años. Al mismo tiempo, se identificó las principales amenazas que ponen en riesgo a los cultivos tradicionales aledaños a la zona de implementación del proyecto. Estas amenazas corresponden a las heladas y sequías que tienen una ocurrencia de cada año. Por otro lado, entre las vulnerabilidades identificadas que presenta la Comunidad, se encuentra el no tener conocimiento para enfrentar eventos de sequías extremos, que afectan negativamente a los medios de vida y recursos naturales, y a la vez, generan un impacto significativo en los componentes del proyecto y terrenos de cultivo.

En cuanto a la identificación del nivel de capacidades del Municipio, la población carece de un sistema de alerta temprana y planes de contingencia. De igual modo, existe un vacío de información en estudios relacionados a la adaptación del Cambio Climático.

En el análisis de resiliencia física del ARI, se registraron los siguientes componentes del proyecto para medir su resiliencia frente a las amenazas identificadas: a) El sistema de captación de tipo galería filtrante; b) La línea de conducción y distribución; c) El atajado; y d) Las cámaras de distribución. Para este análisis, se consideró como amenazas principales las inundaciones súbitas o repentinas y el déficit hídrico y/o sequías. Como resultado, se obtuvo que los componentes con menor nivel de resiliencia física ante estas amenazas, son el atajado y la galería filtrante. Por su parte, en esta etapa, se determinó la sensibilidad del funcionamiento en condiciones de amenazas de cada uno de los componentes del proyecto, por medio de sus propiedades operacionales y sociales. En este sentido, se determinó que los componentes del proyecto, galería filtrante y el atajado, tienen un nivel medio de resiliencia funcional. En cambio, el resto de los componentes del proyecto tienen una resiliencia funcional alta frente a las amenazas.

En el análisis de resiliencia productiva, los cultivos que son más afectados por las amenazas de sequía y heladas, son la quinua, la papa y la cebada (forraje). Así también, estos cultivos tienen un nivel muy bajo de resiliencia frente a las amenazas.

Considerando los resultados del análisis de resiliencia física y funcional, se priorizaron los componentes de galería filtrante (nivel 1), el atajado (nivel 2) y los cultivos tradicionales existentes en la Comunidad Cauchi Titiri (nivel 1). Así también, se establecieron medidas de mitigación para reducir el nivel de exposición al riesgo de los componentes priorizados y para fortalecer su resiliencia. (Ver Tabla 3). Además, se identificaron los factores de vulnerabilidad externos e internos de cada componente y los cultivos tradicionales (Ver Tabla 2). Con las medidas de mitigación propuestas, existe una reducción significativa del riesgo actual comparado con el riesgo futuro de cada componente ante las amenazas (Figura 11, 12 Y 13).

En Análisis Beneficio/Costo, se obtuvo un total de Bs. 63.200 del costo de implementación de medidas de mitigación para cada componente y, de la misma forma, un total de Bs. 13.201, referente al costo de mantenimiento anual (Ver Tabla 4). También, se identificaron los costos evitados con la implementación de las medidas de mitigación, que reducen la vulnerabilidad de los componentes del proyecto al riesgo de amenazas (Ver Tabla 5), alcanzando un monto total de Bs. 1.526.668.

Para tener una mejor percepción de los costos del proyecto se tiene:

Costo total de implementación del proyecto + los costos aproximados que serán gastados si no se consideran las medidas de mitigación = el costo que deberá emplearse para la implementación del proyecto, reconstrucción y atención de emergencias y desastres.

$$\text{Bs. } 998.712 + \text{Bs. } 1.526.668 = \text{Bs. } 2.525.380 \quad (1)$$

Costo total de implementación del proyecto + implementación de medidas de mitigación = Costo de implementación del proyecto, considerando las medidas de mitigación para ser más resiliente ante las amenazas.

$$\text{Bs. } 998.712 + \text{Bs. } 76.401 = \text{Bs. } 1.075.113 \quad (2)$$

Como se puede observar en las relaciones (1) y (2), es conveniente considerar las medidas de mitigación en el proyecto, dado que a largo plazo no sólo se tendrá un beneficio económico y se mejorará la calidad de vida de los comunarios, sino también se garantizará un adecuado funcionamiento del sistema de riego durante la vida útil del proyecto.

5. CONCLUSIONES

Como conclusión, el Municipio de Patacamaya es una zona con alta vulnerabilidad climática debido a la variación de la temperatura y la precipitación, que ocasiona la sucesión de eventos extremos en la zona, como ser sequías, heladas, granizadas e inundaciones. Por su parte, la actividad económica del Municipio y el bienestar poblacional, se ven afectados debido a que su actividad principal está dada por la agricultura; es decir que cualquier cambio climático repentino ocasiona la pérdida de producción agrícola, que es realizada de forma anual. Los cultivos más afectados son la papa y la quinua, que son dañados frecuentemente por sequías y heladas; además son los cultivos tradicionales que más se producen para consumo y comercialización.

Es evidente que el Cambio Climático influye en todo el Municipio de Patacamaya, de manera que los eventos climáticos cada vez son más extremos. En este sentido, los modelos climáticos nos ayudan a predecir los cambios del clima en el futuro y, de la misma manera, a generar medidas de mitigación y adaptación que se adecuen a la realidad y a las necesidades de la población.

De acuerdo al análisis tendencial de temperatura y precipitación, se evidencia que en el Municipio de Patacamaya existe una alta variabilidad en estos parámetros, por lo que el Municipio presenta eventos frecuentes de sequía e inundaciones que se incrementan con la problemática del Cambio Climático.

La ARI permitió identificar los posibles riesgos a los que se encuentra expuesto del sistema de riego, considerando las etapas de construcción, operación y mantenimiento; de tal manera, que se evaluó el nivel de resiliencia de cada uno de los componentes del sistema ante las amenazas. Cabe mencionar que, al tratarse de un proyecto de riego se consideró como un componente del proyecto los cultivos tradicionales de la Comunidad Cauchi Titiri (quinua, papa y cebada (forraje)). Así mismo, una vez conociendo los riesgos a los que está sometido el sistema, se propusieron medidas de mitigación para reducir la exposición al riesgo del sistema y que paralelamente incrementen su nivel de resiliencia. Estas medidas generaron una reducción del riesgo del sistema en un 40%, considerando el riesgo actual y el riesgo con incidencia al cambio climático.

El costo total de implementación de las medidas de mitigación es de Bs. 63.200, y el costo total anual del mantenimiento de cada una de las medidas es de Bs. 13.201. Cabe resaltar que, si bien el costo total de implementación del proyecto es de Bs. 998.712 y el costo de la implementación de las medidas de mitigación es de Bs. 76.401, el proyecto ascenderá a un costo total de Bs. 1.075.113. En consecuencia, la implementación de las medidas de mitigación al proyecto, generan un costo evitado de Bs. 1.526.668 por pérdidas de reconstrucción y atención a la emergencia.

La propuesta de proyecto sistema de riego para la Comunidad Cauchi Titiri, es factible en su implementación de acuerdo al análisis realizado de Beneficio/ Costo. De la misma forma, es importante gestionar con el Gobierno Municipal de Patacamaya la implementación del proyecto, debido a que aporta al desarrollo social y económico de la Comunidad, además atiende una necesidad actual de la población, como es el déficit hídrico y la disponibilidad de agua para el riego de cultivos. Finalmente, el proyecto mejorará las condiciones de vida y seguridad alimentaria de la Comunidad Cauchi Titiri.

REFERENCIAS

- [1] Gobierno Autónomo Municipal de Patacamaya - Tiburcio Choque, «Plan Territorial de Desarrollo Integral del Municipio de Patacamaya (2016 - 2020),» La Paz, 2016 .
- [2] A. A. Mamani Huanca, «Repositorio Institucional - Universidad Mayor de San Andres,» 2016. [En línea]. Available: <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/6807>. [Último acceso: 23 febrero 2021].
- [3] M. L. Zurita, «Análisis de Resiliencia en Inversiones (ARI) - Guía para la toma de decisiones en proyectos de infraestructura resiliente con enfoque de reducción del riesgo de desastres y adaptación al cambio climático,» Teleioo SRL, La Paz, 2018.

- [4] Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, «Síntesis Resumen para Responsables de Políticas,» 2014.
- [5] Universidad de Nebraska-Lincoln con el apoyo del Banco Interamericano de Desarrollo, «Portal Regional de Datos sobre Cambio Climático Consorcio de América Latina y el Caribe,» 13 diciembre 2017. [En línea]. Available: <http://rccdp.unl.edu/portal/>. [Último acceso: 20 marzo 2021].
- [6] C. M. Rowe, «Portal Regional de Datos sobre Cambio Climático Consorcio de América Latina y el Caribe,» 13 diciembre 2017. [En línea]. Available: <http://rccdp.unl.edu/portal/>. [Último acceso: 18 marzo 2021].
- [7] A. W. Burgoa Mariaca, «Escenarios de Cambio Climático en el Sur del Departamento de La Paz: Patacamaya y Calacoto,» *Revista Boliviana de Física*, n° 17, pp. 35 - 40, 2010.
- [8] SENAMHI, «Base de datos Sistema Meteorológico (SISMET),» 2016. [En línea]. Available: <http://senamhi.gob.bo/index.php/sismet> [Último acceso: 3 Abril 2021]
- [9] F. Cuenca, Interviewee, *Secretaría Municipal Técnica del Gobierno Municipal de Patacamaya*. [Entrevista]. 17 marzo 2021.
- [10] E. Apaza, Interviewee, *Técnico Veterinario - Unidad de Gestión de Riesgos del Gobierno Municipal de Patacamaya*. [Entrevista]. 17 marzo 2021.
- [11] C. d. I. C. C. T. d. M. d. Patacamaya, Interviewee, [Entrevista]. 17 marzo 2021.
- [12] C. Canedo y M. García, «Evaluación del requerimiento de agua en zonas productoras de quinua bajo condiciones de cambio climático,» *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, vol. 2, n° 1, pp. 7 - 118, 2015.
- [13] E. Conde Viscarra, «Repositorio Institucional - Universidad Mayor de San Andrés,» 2016. [En línea]. Available: <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/6807>. [Último acceso: 25 febrero 2021].
- [14] M. X. Calderón Sanchez, «Mapeo de vulnerabilidad climática actual y futura en base al análisis de los factores de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa en el Espacio Natural de Conservación Hampaturi,» La Paz, 2019.
- [15] W. García, M. Delfin y M. Azero, «Escenarios de cambio climático y sistematización de tecnologías campesinas e innovaciones tecnológicas contra las heladas,» *ACTA NOVA*, vol. 8, n° 2, 2017.
- [16] HELVETAS Swiss Intercooperation, *Análisis de Resiliencia en Inversiones (ARI)*. La Paz, 2018.